

# Turismo 4.0: la nuova frontiera del turismo culturale

Strategie Digitali per Valorizzare il Patrimonio Culturale  
e Artistico del Paese



Laboratorio Nazionale Smart Cities & Communities  
CINI – Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica

---

**A cura di:**  
Gian Paolo Rossi – Università degli Studi di Milano



Il presente volume è stato prodotto da:



Questa Licenza consente ad altri di remixare, modificare e sviluppare il lavoro non commerciale, a condizione che accreditino il lavoro e concedano in licenza le loro nuove creazioni alle stesse condizioni.

ISBN 9788894137354

Titolo: Turismo 4.0: la nuova frontiera del turismo culturale

Stampato in Italia, Febbraio 2020

# **Turismo 4.0: la nuova frontiera del turismo culturale**

Strategie Digitali per Valorizzare il Patrimonio  
Culturale e Artistico del Paese

Laboratorio Nazionale Smart Cities & Communities  
CINI – Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica

A cura di:

Gian Paolo Rossi – Università degli Studi di Milano



# Prefazione

Le attività legate al turismo culturale sono intimamente connesse a quelle per la valorizzazione e fruizione del patrimonio culturale e artistico di un territorio, sia esso locale, regionale o nazionale. Le prime riguardano il visitatore, in generale i cittadini, le seconde riguardano le istituzioni, sia pubbliche che private, detentrici dei beni. Tutti gli sforzi di miglioramento in entrambi i settori generano ritorni, sia di tipo sociale che economico, che possono essere massimizzati solo se vengono coordinati e condividono uno stesso obiettivo strategico.

Oggi, il settore del turismo culturale e quello della valorizzazione del patrimonio culturale sono entrati in una fase di profonda trasformazione per effetto del potenziale di innovazione prodotto dalle più recenti tecnologie digitali. Serve dunque un obiettivo strategico che sia di indirizzo per l'evoluzione dei settori coinvolti e non può prescindere dall'innovazione digitale. Con ottimo tempismo, nel 2017 il Ministero per i Beni e le Attività Culturali e per il Turismo, MiBACT, pubblica il Piano Strategico Nazionale per il Turismo, PST, che offre una visione strategica unificante per il turismo e per la valorizzazione del patrimonio culturale, e presuppone l'adeguato impiego delle tecnologie digitali. Ora serve dare continuità progettuale al Piano senza disperderne il valore unificante e convergere su una progettazione integrata, aperta e flessibile in grado di porre al centro l'esperienza del turista e, al contempo, di dare valore al territorio favorendo adeguati ritorni economici anche attraverso lo sviluppo di una nuova economia legata al digitale.

Questo Libro Bianco nasce con l'obiettivo di porsi in continuità progettuale con il PST. Fornisce un quadro unificante degli obiettivi progettuali, identifica le tecnologie abilitanti e fornisce un quadro organizzativo che può rappresentare il framework entro il quale muoversi per la realizzazione di un nuovo ecosistema di dati e servizi; uno spazio integrato e aperto dove pubblico e privato collaborano per raggiungere un unico fine condiviso.

L'idea di questo volume ha origine all'interno della comunità scientifica afferente al Laboratorio Nazionale per le Smart Cities and Communities del CINI, il Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica. Una comunità scientifico-tecnologica che ha maturato importanti esperienze nella applicazione delle tecnologie digitali alla valorizzazione del patrimonio culturale del Paese.

Tuttavia, il volume è scritto per essere letto da tutti gli operatori dei settori coinvolti, anche quelli non tecnologici, grazie ad un linguaggio non spiccatamente tecnico. Il nostro auspicio non è naturalmente quello di aver superato tutti gli ostacoli di un progetto complesso, ma è piuttosto quello di riuscire a indirizzare il dibattito e gli sforzi multidisciplinari nella corretta direzione, evitando soprattutto soluzioni isolate, autonome e frammentate che ormai sono definitivamente superate. Ci auguriamo insomma che tutti gli ambiti progettuali e le azioni, che noi speriamo possano svilupparsi nei prossimi anni in Italia, tengano conto di quanto delineato in questo volume e si basino definitivamente su cooperazione multidisciplinare e integrazione. Se non lo farà il paese unendo le competenze disponibili, altri certamente lo faranno, attratti da un mercato enorme e planetario, ma a questo punto l'Italia avrà probabilmente perso un'occasione irripetibile di agire da protagonista nella valorizzazione strategica del proprio patrimonio culturale.

In conclusione, ringraziamo tutti i colleghi che hanno contribuito alla stesura di questo volume: un gruppo di oltre 30 ricercatori, provenienti da 10 organizzazioni, fra Enti di Ricerca e Università, ciascuno con specifiche competenze nel settore della applicazione delle tecnologie digitali alla valorizzazione e fruizione del patrimonio culturale e artistico del Paese. Un grazie speciale va a Matteo Zignani, per il contributo efficace durante la concitata fase di editing finale, e a tutto lo staff del CINI per il supporto durante la produzione e stampa.

Milano,  
07/01/2020

*Gian Paolo Rossi*

# Indice dei contenuti

<b>1</b>	<b>Turismo 4.0: l'ultima frontiera del turismo culturale</b> . . . . .	<b>1</b>
	<i>Gian Paolo Rossi</i>	
1.1	Come nasce il termine Turismo 4.0 . . . . .	1
1.2	Il paese Italia e Turismo 4.0 . . . . .	3
1.3	Che cosa sta facendo l'Italia per il Turismo 4.0 . . . . .	3
1.4	Linee guida e direttrici strategiche . . . . .	4
1.5	Direttrici di sviluppo delle tecnologie digitali . . . . .	5
1.6	Le ragioni di questo Libro Bianco . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Un cenno al valore economico e sociale del turismo culturale</b> . . . . .	<b>9</b>
	<i>Deborah Agostino, Michela Arnaboldi, Nicola Bellini, Eleonora Lorenzini</i>	
2.1	Il valore sociale ed economico del turismo culturale . . . . .	9
2.2	L'utilizzo delle tecnologie digitali a supporto del turismo culturale in Italia . . . . .	14
2.3	Dal Piano Strategico del Turismo al Libro Bianco: una continuità progettuale . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Turismo 4.0: gli obiettivi strategici</b> . . . . .	<b>21</b>
	<i>Sabrina Gaito, Gian Paolo Rossi</i>	
3.1	Mappa degli obiettivi . . . . .	21
3.2	Il turista . . . . .	22
3.3	I musei . . . . .	25
3.4	Il territorio . . . . .	27
	Riferimenti bibliografici . . . . .	30
<b>4</b>	<b>Stato dell'arte</b> . . . . .	<b>31</b>
	<i>Paola Dal Zovo, Gian Paolo Rossi</i>	
4.1	Piattaforme digitali di dati e servizi: analisi dell'offerta . . . . .	31
4.2	Dalle audioguide tradizionali alle applicazioni digitali . . . . .	39

<b>5</b>	<b>Internet of Things</b> .....	45
	<i>Henry Muccini</i>	
5.1	Introduzione .....	45
5.2	Background .....	46
5.3	Internet of Things e Turismo Culturale .....	50
5.4	Conclusioni e sfide aperte .....	52
	Riferimenti bibliografici .....	53
<b>6</b>	<b>Context-aware computing</b> .....	55
	<i>Francesco Colace, Massimo De Santo, Marco Lombardi, Eugenio Zimeo</i>	
6.1	Introduzione .....	55
6.2	Background .....	56
6.3	Context-aware computing nell'e-Tourism .....	60
6.4	Tecnologie abilitanti .....	62
6.5	Conclusioni e sfide aperte .....	64
	Riferimenti bibliografici .....	65
<b>7</b>	<b>Mobile computing</b> .....	67
	<i>Giuseppe Di Santo, Eugenio Zimeo</i>	
7.1	Introduzione .....	67
7.2	Background .....	68
7.3	Interazione con l'ambiente: context-awareness .....	69
7.4	La localizzazione per la context-awareness .....	71
7.5	Programmazione di dispositivi mobili .....	72
7.6	Scalabilità del mobile computing .....	73
7.7	Mobile computing e turismo culturale .....	74
7.8	Conclusioni e sfide aperte .....	77
	Riferimenti bibliografici .....	78
<b>8</b>	<b>Cloud e fog computing</b> .....	79
	<i>Christian Quadri, Gian Paolo Rossi</i>	
8.1	Contesto .....	80
8.2	Fog computing e turismo culturale .....	83
8.3	Scenario 1: AR/VR .....	85
8.4	Scenario 2: Gestione flussi visitatori inter/intra museo .....	86
8.5	Scenario 3: Video sorveglianza e pubblica sicurezza .....	87
8.6	Stato dell'arte .....	88
8.7	Conclusioni e sfide aperte .....	89
	Riferimenti bibliografici .....	90
<b>9</b>	<b>Digitalizzazione, visual media e presentazione in realtà aumentata e virtuale</b> .....	91
	<i>Roberto Scopigno</i>	
9.1	Introduzione .....	91
9.2	Stato dell'arte delle tecnologie abilitanti .....	91
9.3	Tecnologie visuali e turismo culturale .....	102

9.4	Conclusioni e sfide aperte .....	105
	Riferimenti bibliografici .....	106
<b>10</b>	<b>I giochi per migliorare l'esperienza di visita di siti culturali</b> . . . .	<b>109</b>
	<i>Carmelo Ardito, Paolo Buono, Maria Francesca Costabile,</i>	
	<i>Giuseppe Desolda, Rosa Lanzilotti, Antonio Piccinno</i>	
10.1	Introduzione .....	109
10.2	I giochi didattici .....	110
10.3	Giochi didattici relativi ai beni culturali .....	111
10.4	Altri giochi per beni culturali .....	115
10.5	Nuove opportunità offerte dalla tecnologia .....	117
	Riferimenti bibliografici .....	118
<b>11</b>	<b>Il turismo nell'era dei Big Data</b> .....	<b>121</b>
	<i>Claudio Ardagna, Valerio Bellandi, Paolo Ceravolo, Ernesto</i>	
	<i>Damiani, Matteo Zignani</i>	
11.1	Introduzione .....	121
11.2	Il turista digitale .....	122
11.3	Big Data .....	123
11.4	Modelli dimensionali: le cinque V dei Big Data .....	124
11.5	Processi di lavorazione dei Big Data .....	126
11.6	Architetture tecnologiche .....	129
11.7	Casi di studio .....	131
11.8	Turismo nel futuro .....	132
11.9	La necessità di una piattaforma di Big Data analytics .....	133
11.10	Big Data analytics .....	134
11.11	Tecniche di analisi di Big Data .....	135
	Riferimenti bibliografici .....	137
<b>12</b>	<b>I sistemi di raccomandazione</b> .....	<b>139</b>
	<i>Fabio Clarizia, Massimo De Santo, Francesco Pascale, Domenico</i>	
	<i>Santaniello</i>	
12.1	Introduzione .....	139
12.2	Tecniche di raccomandazione .....	140
12.3	Caratteristiche di un sistema di raccomandazione .....	148
12.4	Sistemi di raccomandazione: alcuni esempi .....	153
12.5	I Sistemi di raccomandazione per il turismo .....	155
12.6	Conclusioni e sfide aperte .....	155
	Riferimenti bibliografici .....	156
<b>13</b>	<b>Sicurezza e protezione dati</b> .....	<b>159</b>
	<i>Giovanni Livraga, Pierangela Samarati</i>	
13.1	Introduzione .....	159
13.2	Utilizzo di dati e rischi .....	160
13.3	Turismo 4.0 e requisiti di protezione dati .....	160
13.4	Osservazioni .....	164
	Riferimenti bibliografici .....	166

<b>14</b>	<b>Piano di sostenibilità di una piattaforma digitale per il Turismo</b>	
4.0	.....	167
	<i>Nicola Bellini, Gian Paolo Rossi</i>	
14.1	Proposta per l'organizzazione e gestione di un ecosistema digitale per il turismo culturale .....	169
14.2	Fasi di sviluppo di ETC .....	169
14.3	Obiettivi strategici di ETC.org .....	170
	<b>Conclusioni</b> .....	173

# Capitolo 1

## Turismo 4.0: l'ultima frontiera del turismo culturale

Gian Paolo Rossi

### 1.1 Come nasce il termine Turismo 4.0

Il *turismo culturale* è la forma di turismo che porta a conoscere la cultura di una specifica regione o paese, con particolare riferimento alla storia, all'arte, all'architettura, alla alimentazione, alla religione ed a tutti gli aspetti della popolazione nelle specifiche aree geografiche che contribuiscono a creare il loro tipo di vita.

Dalla sua nascita, il turismo culturale ha subito varie trasformazioni che hanno cambiato le abitudini turistiche degli individui, allargato i confini sociali della popolazione coinvolta, fatto evolvere i servizi a supporto e gli strumenti legati al viaggio. In questo Libro Bianco abbiamo identificato 3 grandi fasi evolutive del turismo culturale fino ad oggi:

- *Turismo 1.0* - il Grand Tour, XVIII-XIX secolo. Il Grand Tour è stato il lungo viaggio intrapreso dai giovani colti e benestanti dell'aristocrazia europea a partire dal XVII secolo. Spesso aveva destinazione l'Italia, aveva durata anche di qualche anno e lo scopo di approfondire la cultura, le abitudini e la storia del luogo visitato. Bauli di libri erano di supporto al viaggio da cui si tornava con le memorie scritte e con alcuni ritratti eseguiti dai principali artisti dell'epoca;
- *Turismo 2.0* - Rivoluzione dei trasporti, XX secolo. La portata geografica e l'impatto sociale del turismo cresce con l'evoluzione dei vari mezzi di trasporto che hanno caratterizzato il '900 e con l'aumento del benessere delle popolazioni, soprattutto nel dopoguerra. Il turismo diventa fenomeno di massa, le guide turistiche sono il supporto per l'accesso ai contenuti durante il viaggio dal quale si ritorna con un bagaglio di fotografie e di video amatoriali;
- *Turismo 3.0* - T3.0, indicato anche come *e-tourism* (SIG, 2015), XX-XXI secolo. Questa è la prima fase in cui il digitale incontra il turismo culturale. Sia pure in modo frammentato e disomogeneo, i contenuti descrittivi escono dalle guide ed entrano nel web, i musei iniziano ad utilizzare i social media

e nascono le prime piattaforme digitali per erogare servizi verticali legati al turismo (booking.com, ad esempio, nasce nel 1996). Il turismo è sempre più fenomeno di massa e cresce l'impatto dei tour operator sui flussi turistici che tendono a concentrarsi sulle destinazioni primarie. La memoria del viaggio è oggi in gran parte conservata nei nostri smartphone.

Difficilmente, tuttavia, l'attuale organizzazione di e-tourism potrà, da sola, dar vita ad un turismo sostenibile in grado di garantire gli auspicati ritorni economici su tutto il territorio nazionale e, anche, favorire una diffusa crescita culturale e sociale delle persone. Con la rapidità dettata dall'evoluzione delle tecnologie digitali e delle comunicazioni, siamo oggi all'alba di una quarta fase, che possiamo quindi identificare come *Turismo 4.0*:

- *Turismo 4.0* - T4.0, spesso indicato anche come *smart-tourism*, il futuro prossimo. Il Turismo 4.0 è, per certi aspetti, la naturale evoluzione di quanto abbiamo chiamato e-tourism, e, per molti altri, un decisivo passo innovativo oltre questo. La maggior integrazione e omogeneità dei vari approcci digitali (dal web alle app), l'impiego sempre più strutturato dei social media e la definitiva accettazione della mobilità come elemento fondante sia dell'informazione turistica sia dei suoi consumatori, rientrano tutti nella categoria evolutiva. Tuttavia, il Turismo 4.0 rappresenta un chiaro punto di rottura con il passato per come gli oggetti e gli spazi fisici del turismo entrano nella dimensione digitale, integrandosi con essa, e per il modo in cui l'esperienza turistica viene generata, condivisa e fruita. *Con Turismo 4.0 si vuole consentire, in epoca di mobilità di massa, che ciascuno viva il viaggio come esperienza personale di scoperta e conoscenza, come fu per l'élite culturale durante il Grand Tour.* Ciò richiede che l'individuo sia aiutato a riacquistare centralità e autonomia non solo nella pianificazione e gestione del viaggio ma anche durante lo svolgimento del viaggio, che i sistemi legati al turismo raggiungano più alti livelli di intelligenza e di integrazione, e che la struttura dell'industria legata ai servizi turistici acquisisca la flessibilità necessaria a soddisfare una più ampia gamma di esigenze e interessi di visita. L'ampia offerta di destinazioni, non più disorganica e frammentata, sarà accessibile e disponibile attraverso uno spazio digitale in cui il visitatore è centrale, consapevole e attivo.

Come conseguenza di quanto detto, Turismo 4.0 non presuppone la creazione di uno spazio digitale slegato da quello fisico e da fruire in modo stanziale. La mobilità è la condizione fondante il Turismo 4.0 e non può essere surrogata da nessuna piattaforma digitale. La visita *on-site* è il cardine da cui deriva la capacità di trarre i benefici economico-sociali dal turismo culturale e deve, per questo, essere sostenibile, accessibile a tutti. Gli strumenti digitali ne sono il supporto e si prestano ad essere utilizzati per favorire e incentivare la visita, per rendere l'esperienza coinvolgente, e per espandere i confini sociali e geografici del turismo culturale. Il turista potrà vivere la propria esperienza di viaggio mediata dal proprio dispositivo personale e disporrà di strumenti per l'approfondimento e per il miglioramento della propria conoscenza sulla destinazione della visita. Le

istituzioni che governano il territorio disporranno di servizi e dati per orientare i flussi di turisti anche verso le mete minori e emergenti, favorendo così la crescita di una economia locale legata alla mobilità turistica distribuita in modo più omogeneo sul territorio. L'integrazione dell'offerta consentirà di mettere a valore le peculiarità ambientali, culturali e gastronomiche del territorio. Le istituzioni culturali e museali faranno leva sulla propria infrastruttura di IoT per ottimizzare, anche in tempo reale, la gestione dei flussi dei visitatori e per il monitoraggio ambientale. I dati e le informazioni raccolte consentiranno anche la definizione di strategie espositive puntuali e la pianificazione di iniziative culturali in collaborazione con altre istituzioni sul territorio sfruttando il potenziale delle tecnologie di realtà virtuale ed aumentata. Una nuova economia di servizi digitali legati al turismo territoriale, anche locale, potrà svilupparsi. Con Turismo 4.0 il visitatore vive la propria esperienza di visita immerso in uno spazio fisico in stretta connessione alla sua rappresentazione digitale. Questa centralità è ottenuta ponendo il dato al centro della infrastruttura tecnologica che integra le molteplici tecnologie digitali abilitanti.

## **1.2 Il paese Italia e Turismo 4.0**

E' noto che l'Italia può trarre importanti benefici, sia sociali che economici, dalla valorizzazione del proprio enorme e diversificato patrimonio artistico e culturale legato al territorio. Per la sua rilevanza internazionale in questo ambito, il nostro paese è nelle condizioni di guidare il processo di trasformazione per consentire di vivere un'esperienza di Turismo 4.0. Questo documento si concentra sulle caratteristiche di T4.0 e intende fornire linee guida e identificare le azioni necessarie per gestire i cambiamenti legati al modo di svolgere il turismo culturale e di produrre beni e servizi ad esso legati. Considerata la centralità dell'informazione in tutti i processi legati al turismo, il focus del documento sarà necessariamente sulle tecnologie digitali, sulle soluzioni architettoniche e progettuali, sulle strategie da adottare per porre il paese nelle condizioni strutturali migliori al fine di massimizzare i ritorni economici e sociali dalla fase di T4.0.

## **1.3 Che cosa sta facendo l'Italia per il Turismo 4.0**

A livello centrale ministeriale, come pure presso le varie istituzioni culturali regionali e locali, l'Italia ha da tempo sviluppato una grande conoscenza, sensibilità ed attenzione per le strategie del turismo. Uno dei principali risultati di questo processo è la recente pubblicazione del *Piano Strategico Nazionale per*

*il Turismo 2017-2021*<sup>1</sup>, nel seguito PST, MiBACT (MIB, 2017), che coglie le attuali tendenze del mercato del turismo e le inserisce in un quadro di opportunità legate alla innovazione delle tecnologie digitali. Questo Libro Bianco si inserisce nel percorso strategico delineato dal PST del quale sviluppa e dettaglia gli obiettivi funzionali del Turismo 4.0, delinea le linee progettuali di un'unica piattaforma digitale e identifica le linee di impatto di Turismo 4.0 sui diversi portatori di interesse coinvolti.

## 1.4 Linee guida e direttrici strategiche

Questo Libro Bianco promuove la transizione da Turismo 3.0 a Turismo 4.0 attraverso un percorso che deve portare al raggiungimento degli obiettivi finali di T4.0, ampiamente discussi nel PST. Fra questi citiamo i principali:

- visita come esperienza personale del visitatore;
- centralità del visitatore;
- controllo e distribuzione dei flussi turistici sull'intero territorio di riferimento;
- valorizzazione dei siti minori.

Nessuno di questi obiettivi può oggi essere raggiunto partendo dallo stato di digitalizzazione presente presso le istituzioni culturali: le soluzioni disponibili sono frammentate, disomogenee e disorganiche perché sviluppate per soddisfare esigenze locali senza un disegno comune e integrato. Serve un cambio radicale di paradigma progettuale le cui principali linee guida sono:

- procedere con la digitalizzazione delle opere del patrimonio artistico;
- operare in una logica di piattaforma, superando la frammentazione della offerta in molteplici soluzioni verticali;
- agire sui fattori abilitanti, sfruttare il potenziale delle nuove tecnologie per cogliere le esigenze di turisti e territorio con l'offerta di nuovi servizi;
- incentivare e favorire un approccio integrato dell'offerta in una logica di apertura.

Tuttavia, un processo di trasformazione di tale ampiezza non è raggiungibile senza che esso venga ampiamente condiviso a tutti i livelli di governance e senza che vengano attivate tutte le azioni strategiche collegate, fra le quali indichiamo le seguenti:

- *Awareness e Governance*: diffondere la conoscenza, il potenziale e le applicazioni delle soluzioni di Turismo 4.0 all'interno delle istituzioni che governano il patrimonio artistico/culturale sul territorio; favorire la cooperazione pubblico-privato; garantire al paese di conservare il controllo dello sfruttamento del proprio patrimonio artistico

---

<sup>1</sup> <http://www.turismo.beniculturali.it/home-piano-strategico-del-turismo/piano-strategico-del-turismo-pst/>

- *Investimenti per l'innovazione*: stimolare l'investimento privato nella adozione delle tecnologie abilitanti di Turismo 4.0 e aumentare la relativa spesa in ricerca, sviluppo e innovazione;
- *Infrastrutture abilitanti*: assicurare adeguate infrastrutture di rete, garantire la sicurezza e la protezione dei dati, collaborare alla definizione di standard di apertura e interoperabilità internazionali;
- *Competenze e Ricerca*: creare competenze multidisciplinari e stimolare la ricerca scientifica mediante percorsi formativi ad hoc.

## 1.5 Diretrici di sviluppo delle tecnologie digitali

Questo Libro Bianco sviluppa principalmente le implicazioni tecnologiche del processo di trasformazione che stiamo descrivendo. Secondo la visione di T4.0, il valore del viaggio non è solo nella pianificazione ed organizzazione ma anche, e soprattutto, nella sua esecuzione ponendo grande enfasi sulla creazione di un'esperienza di viaggio. Durante il viaggio il turista deve essere aiutato, guidato, consigliato in ogni momento ed in ogni luogo. Le tecnologie digitali hanno un ruolo determinante in tutte le fasi del viaggio. A voler individuare i cardini tecnologici intorno ai quali ruota questa quarta "rivoluzione" possiamo affermare che essa seguirà certamente le seguenti direttrici principali di sviluppo:

- *Catalogo digitale delle opere d'arte*. La catalogazione del patrimonio culturale e la sua digitalizzazione costituiscono un'esigenza prioritaria cui occorre provvedere per l'intero territorio nazionale secondo standard e metodi unitari, e attraverso programmi coordinati cui concorrono attivamente le regioni e gli enti locali, ciascuna per la parte propria e in reciproca collaborazione. L'Istituto Centrale per la Catalogazione e Documentazione (ICCD) è l'ente centrale preposto alla costruzione del catalogo unitario delle opere che agisce coordinando i cosiddetti enti schedatori. Tra questi ultimi ci sono tutti gli enti di coordinamento territoriale del MiBACT, e comprendono, principalmente, gli enti regionali, ecclesiastici e universitari, ovvero le Soprintendenze, i Musei, gli istituti centrali, le regioni, i comuni. Il Catalogo Digitale unitario delle opere è il mattone fondamentale di Turismo 4.0 e dovrebbe essere costruito secondo logica di apertura e integrazione per consentire a sistemi e applicazioni terze l'accesso a contenuti documentali per i quali l'ICCD potrebbe rappresentare l'unica fonte autoritativa e certificativa. Il 23 agosto 2019 la Direzione generale Musei ha pubblicato il Piano Triennale per la Digitalizzazione e l'Innovazione dei Musei. Si tratta di un piano operativo concreto che va nella direzione auspicata da questo Libro Bianco. L'ICCD è parte del progetto.
- *IoT per l'integrazione tra digitale e reale*. L'integrazione fra spazio fisico della destinazione e lo spazio digitale che lo descrive è un altro dei punti cruciali per lo sviluppo del Turismo 4.0. E' il tipico scenario applicativo dell'Internet of Things (IoT) che si occupa di creare uno spazio digitale che riflette gli oggetti, e le opere d'arte, dello spazio fisico in cui il turista è

immerso. Il collante fra spazio fisico e digitale è rappresentato da una varietà di oggetti - tag in radio frequenza, sensori, attuatori e apparati mobili - che sono sempre in grado di interagire fra loro e con i dispositivi mobili delle persone che si muovono nello spazio circostante. Si crea in questo modo un tessuto ininterrotto di oggetti interconnessi in cui il turista è immerso e che è funzionale a erogare servizi contestualizzati, ad arricchire la visita con contenuti appropriati, a raccomandare luoghi e risorse culturali nelle vicinanze in funzione delle precedenti abitudini di fruizione e acquisto.

- *Piattaforma Big Data e Open Data.* Il catalogo digitale dell'intero patrimonio culturale del paese richiede già da solo la costruzione e messa in opera di una piattaforma unica di Open Data per permettere la fruizione dei contenuti da parte dell'intera rete di istituzioni culturali, dei cittadini e di terze parti quali gli operatori del turismo. Tale piattaforma diventa di Big Data se la si pensa alla base dell'intera vita culturale del paese dove i dati del catalogo digitale delle opere si uniscono ai dati del turismo stesso. In questo contesto l'intersezione fra mondo fisico e quello digitale è il punto in cui sono posizionate le sorgenti di un'enorme quantità di dati che la piattaforma digitale del turismo raccoglie, immagazzina, elabora, aggrega e analizza. Riguarda le risorse del turismo ma anche, e forse soprattutto, il turista e le sue abitudini culturali. La capacità di raccogliere, aggregare ed analizzare questi Big Data è al cuore delle iniziative di T4.0 e ha come ultimo obiettivo quello di creare l'intelligenza sul contesto, sui comportamenti e sulle tendenze necessarie ad alimentare l'innovazione dei processi e dei servizi. Scambiare ed integrare dati e informazioni di sorgenti eterogenee richiede una logica di apertura e un insieme di regole di rappresentazione condivise e comuni.
- *Data Analytics e intelligenza artificiale.* Ogni realtà culturale e ogni viaggio personale del turista generano enormi quantità di dati che richiedono metodi, regole e strumenti per metterli a valore, preservando la privacy. Con T4.0 anche il più piccolo dei musei si trova immerso in un ecosistema integrato di realtà culturali che si riflette e prende linfa dalla piattaforma di Big e Open Data dalla quale può attingere per creare reti semantiche di realtà culturali ad esso affini per superare i confini fisici del proprio ente. Inoltre, con T4.0, la visita turistica diventa un'esperienza personale e di conoscenza che nasce dalla convergenza fra la tecnologia dei dispositivi personali portatili e l'esperienza di viaggio stessa. L'intelligenza estratta dalla analisi dei dati e dalla applicazione delle tecniche di learning viene opportunamente aumentata e arricchita mediante personalizzazione, consapevolezza del contesto, controllo ambientale per realizzare sistemi di raccomandazione e di supporto alle decisioni. In questo flusso di informazioni il turista ha un ruolo attivo poiché partecipa alla creazione della propria esperienza agendo direttamente sullo spazio digitale in cui è immerso. Per questo motivo si parla di co-creazione dell'esperienza di viaggio.
- *Servizi orientati al visitatore.* Le innovazioni che derivano dagli ambiti appena descritti serviranno a comporre la piattaforma di servizi di base su cui realizzare i servizi orientati all'utente finale, sia esso il turista o

l'istituzione/ente. Sul fronte del turista i servizi principali riguarderanno la fruizione delle opere, il coinvolgimento e la fidelizzazione, la raccomandazione di percorsi di visita basati sul profilo culturale del turista, e molti altri ancora da concepire. Le tecnologie abilitanti saranno quelle dei recommendation systems, dell'intelligenza artificiale, della realtà aumentata e virtuale, dei giochi applicati al turismo, e così via.

- *Servizi orientati alle istituzioni e musei.* Anche le istituzioni che sul territorio gestiscono ed espongono le opere del patrimonio culturale sono dirette beneficiarie di Turismo 4.0. Fra i servizi principali elenchiamo quelli legati alla analisi puntuale dei dati utile per definire strategie espositive, il virtual exhibit, che consente di realizzare esposizioni tematiche che comprendono sia opere fisiche che digitali attingendo al catalogo unitario delle opere e in base a specifici accordi fra enti, la possibilità di creare un canale diretto fra museo e turista, e molti altri servizi ancora da concepire.

## 1.6 Le ragioni di questo Libro Bianco

Il Piano Strategico del Turismo 2017-2021, PST, rappresenta il documento di indirizzo strategico nazionale volto a porre il turismo al centro delle politiche di sviluppo del paese. Questo Libro Bianco si pone in continuità progettuale con il PST e risponde alla esigenza di attivare il processo di trasformazione verso un Turismo 4.0 facendo leva sulle più recenti innovazioni nel settore delle tecnologie digitali. A tale fine, il Libro Bianco fa propri gli obiettivi strategici del PST, li inserisce in un contesto economico e sociale (Capitolo 2), li declina nelle linee-guida di una soluzione percorribile per raggiungerli (Capitolo 3), fornisce una breve analisi dello stato dell'arte delle soluzioni tecnologiche che coprono parte degli obiettivi evidenziati (Capitolo 4) e offre una analisi delle tecnologie e dei metodi necessari per sostenere il cambiamento auspicato (Capitoli 5-13). Sullo sfondo, a tendere, la visione della infrastruttura tecnologica in grado di meglio sostenere la complessità di tale progetto; quella di un ecosistema di servizi orientati al turista ed alle istituzioni, basato su una piattaforma unitaria di risorse digitali valida per tutto il territorio nazionale e contestualizzabile in base ai percorsi di visita. L'organizzazione e la gestione di tale ecosistema richiedono integrazione e stretta cooperazione fra i vari soggetti pubblici e privati coinvolti. Il Libro Bianco propone uno schema che consente di valorizzare tale cooperazione favorendo la crescita di una nuova economia digitale legata al turismo e consentendo, nello stesso tempo, al paese di conservare il controllo sugli asset del proprio patrimonio artistico-culturale (Capitolo 14).



## **Capitolo 2**

# **Un cenno al valore economico e sociale del turismo culturale**

Deborah Agostino, Michela Arnaboldi, Nicola Bellini, Eleonora Lorenzini

Prima di affrontare con maggior dettaglio la caratterizzazione del Turismo 4.0, attività che ci porterà inevitabilmente a ragionare in una prospettiva di medio termine, può essere utile osservare il presente per comprendere la base istituzionale, economica e quantitativa su cui sarà possibile realizzare la transizione a Turismo 4.0. Nella Sezione 2.1 descriviamo, sia pur brevemente, il valore sociale ed economico del turismo culturale. Una rapida analisi del livello di digitalizzazione raggiunto dalle istituzioni culturali nel nostro paese è invece il tema affrontato nella Sezione 2.2. Infine, nella Sezione 2.3 forniamo il quadro strategico istituzionale di riferimento con particolare riferimento al Piano Strategico del Turismo, proposto dal MIBACT.

### **2.1 Il valore sociale ed economico del turismo culturale**

Secondo i dati dell'Organizzazione Mondiale del Turismo delle Nazioni Unite, il turismo vale oggi, su scala mondiale, il 10% del prodotto interno lordo e i tassi di crescita continuano a registrare performance eccezionali. L'importanza del turismo nelle economie contemporanee è tuttavia il risultato di un ruolo ben più complesso di quanto le statistiche possano suggerire. Esso sta nella centralità che il viaggio e l'esperienza turistica hanno assunto sia nelle società che solitamente definiamo avanzate, sia in quelle emergenti, laddove (come ben dimostra la Cina) la vacanza all'estero costituisce una delle prime e più importanti manifestazioni del nuovo benessere, specie per i ceti medi emergenti.

All'interno di questa macro-tendenza, emerge con forza il peso del turismo culturale. Si tratta di un fenomeno di amplissime proporzioni, anche se la sua quantificazione è resa difficile sia dalla incertezza stessa nel definire ciò che è "cultura" nell'ambito delle molteplici esperienze turistiche possibili, sia dalla necessità di considerare il turismo esplicitamente e prevalentemente motivato dalle esperienze culturali, ma anche quello in cui la motivazione culturale interviene con un peso minore nelle scelte del consumatore e in modo - al

limite - accidentale viene ad integrare un'esperienza turistica altrimenti motivata. Alcune stime indicano, nel caso dell'Italia, un'incidenza della componente culturale sulla spesa turistica complessiva pari al 38,1%.

Turismo e turismo culturale appaiono oggi alla vigilia di una nuova ondata di innovazioni tecnologiche. In realtà il turismo ha già rappresentato il settore produttivo in cui l'innovazione, supportata dalle nuove tecnologie, ha avuto negli ultimi due decenni l'impatto più radicale nel senso di riconfigurare la struttura industriale, facendo emergere attori nuovi su scala globale (si pensi alle OTA - Online Travel Agency - ed alle piattaforme globali), promuovendo integrazioni orizzontali e verticali e coinvolgendo nel business turistico attori esterni (come nel paradigmatico caso di Google). Una prima fase di mutamenti (senza dubbio epocali) può considerarsi giunta a maturità: è quella più strettamente legata all'avvento di Internet ed alla digitalizzazione delle diverse fasi del processo di acquisto dei prodotti turistici e quindi - dal lato dell'offerta - al marketing digitale. Nondimeno, in alcuni contesti (tra i quali dobbiamo includere diversi contesti regionali e nazionali italiani), è ancora questo il terreno prioritario dell'innovazione, la quale si realizza attraverso un processo di riconduzione allo stato dell'arte, recuperando da situazioni di arretratezza tecnologica.

Al contempo, ci troviamo di fronte a nuove sfide, che configurano riposizionamenti competitivi importanti delle imprese e delle destinazioni, in uno scenario di mercato che è esso stesso caratterizzato da forte dinamismo sia su scala globale (si pensi all'ingresso dei consumatori e delle destinazioni dei paesi emergenti e delle nuove potenze economiche) sia su scala regionale (per l'incerto ridisegnarsi del panorama turistico nell'area del Mediterraneo). Queste sfide riguardano sia l'innovazione di prodotto che quella di processo. Le innovazioni di prodotto nel turismo culturale sono quelle che vengono immediatamente percepite dal consumatore come all'origine di una esperienza turistica nuova (sia in assoluto che relativamente allo specifico contesto). Esse quindi divengono un fattore del processo di acquisto. Nei prossimi anni le più significative innovazioni di prodotto sembrano dover riguardare:

- La costruzione di pacchetti definiti su nicchie di mercato di dimensione sufficiente (tendenzialmente globale) e con caratteristiche esperienziali fortemente distintive (potenzialmente "uniche"). In questo caso il ruolo delle tecnologie può anche non essere determinante, mentre risulta decisiva la capacità di valorizzazione di asset territoriali specifici (ad esempio un peculiare paesaggio o patrimonio storico - artistico), anche di carattere immateriale (si pensi al folklore, alla cultura gastronomica etc.);
- L'adattamento culturale delle esperienze turistiche a fronte della rapida crescita di flussi provenienti da paesi "lontani" (ad esempio, Cina), che comporta non solo "traduzioni" linguistiche ma più complesse modalità di comunicazione e di "autenticazione" dell'esperienza turistica;
- L'introduzione di sistemi di realtà aumentata di nuova generazione, specie se disponibili su supporti mobili dei turisti ed integrabili nelle piattaforme esistenti;
- Lo sviluppo delle esperienze di realtà virtuale (RV), specie in contesti di turismo culturale nei quali possa valorizzarsi un approccio di "edutainment",

in cui cioè la condivisione di contenuti avviene in modo interattivo e con modalità ludiche (gaming). La RV appare oggi particolarmente promettente nella sua capacità di realizzare un contesto emotivo rafforzato dalla immersione e, in prospettiva, da una sempre maggiore capacità di interazione sociale in ambienti di tipo collaborativo anche nel corso della esperienza virtuale. La RV permette inoltre la realizzazione di esperienze culturali impossibili a realizzarsi fisicamente (musei e mostre virtuali; visione contemporanea di opere collocate in luoghi diversi; visione di opere d'arte non esposte perché in restauro o per mancanza di spazi; ricostruzione di luoghi e eventi del passato etc.). Nel contempo, la rapida diminuzione dei costi delle apparecchiature permette di diffondere tra gli utilizzatori, specie appartenenti alle generazioni più giovani e grazie ai videogiochi, un livello superiore di familiarità nell'interazione in ambienti virtuali.

- L'arricchimento delle dotazioni tecnologiche delle strutture turistiche, private (hotel, ristoranti) ma anche pubbliche (stazioni, porti, aeroporti, musei e siti archeologici, parchi etc.), con particolare riferimento alle esperienze "technology-enhanced" e "technology-empowered", all'utilizzo di robotica (nei servizi di reception, sportelli informativi) e allo sviluppo dell' "Internet of Things".
- La costruzione di esperienze turistiche legate alla fruizione di nuove infrastrutture o alla ristrutturazione di infrastrutture esistenti (ad esempio, linee ferroviarie storiche e/o panoramiche, funicolari e funivie, ponti etc.) e di mezzi di trasporto "inusuali" (perché appartenenti al passato o al contrario perché ad alta tecnologia, veloci, ecologici etc.);
- Il disegno di esperienze costruite attorno ad attrattori costituiti da strutture industriali (in attività) e di ricerca che presentino un carattere di "spettacolarità" e/o un valore educativo importante.

Riconduciamo invece alle innovazioni di processo quelle che mirano, a prodotto immutato, ad una maggiore efficienza e produttività dei processi, ma che in alcune circostanze possono incidere significativamente sulla stessa esperienza turistica. Il ruolo delle tecnologie è quasi sempre fondamentale, ma altrettanto importante è la loro integrazione in innovazioni di tipo organizzativo e di marketing e in quelle relative alla re-ingegnerizzazione del layout delle strutture e del contesto esperienziale ("experience-scape"). È evidente che in molti casi le innovazioni di processo (come specificato più oltre) si sovrappongono a quelle di prodotto, poiché contribuiscono a caratterizzare ed a dare distintività all'esperienza turistica.

Nei prossimi anni le più significative innovazioni di processo sembrano riconducibili a due filoni principali:

- Lo sviluppo di sistemi che combinano digitalizzazione e mobilità, in particolare per governare il più possibile il processo di informazione, scelta e acquisto da parte del cliente. Si tratta per altro di un tema che quasi sempre sfugge al raggio di azione degli enti pubblici territoriali a favore delle piattaforme globali;

- L'automazione di alcune funzioni, sino - nei casi più avanzati - all'introduzione della robotica, della robotica umanoide e di altre forme di intelligenza artificiale (ad esempio, "chatbots"). Questa tendenza può riguardare sia contesti privati (ad esempio, hotels e ristoranti), sia strutture pubbliche (ad esempio stazioni, porti, aeroporti etc.) dove si moltiplicano ormai le esperienze con riferimento al monitoraggio (ambientale, della sicurezza etc.) ed alla fornitura di informazioni al turista. La possibilità di realizzare macchine empatiche nei confronti del turista fa sì che, oltre ai vantaggi di processo (disponibilità 7/24, plurilinguismo etc.), si introduca un elemento di novità, con caratteristiche ludiche, che impatta sulla esperienza percepita da parte del consumatore.

Nel configurare il possibile scenario di un "Turismo 4.0" è tuttavia importante avere anche presenti le caratteristiche che distinguono i processi innovativi nel settore del turismo da quelli di altri settori industriali:

- Il loro carattere di "innovazione aperta", anche in contesti caratterizzati da grande impresa e che pone il problema per le imprese turistiche della "capacità di assorbimento" delle idee innovative generate all'esterno (attraverso appropriati sistemi di relazioni, risorse umane, soluzioni organizzative);
- L'importanza di forme "tacite" e localizzate di conoscenza e degli "spillover" da altri settori produttivi che partecipino di un cluster turistico (anche senza esserne tradizionalmente parte (ad esempio, alcuni settori dell'artigianato) o che vi siano connessi dall'esterno, grazie a soggetti "gate" operanti sul territorio;
- I deboli regimi di appropriabilità dell'innovazione e l'importanza (invece) dei meccanismi di "imitazione creativa";
- L'importanza dei fornitori di tecnologie e soluzioni innovative;
- La frequente importanza della coerenza e sincronia tra innovazione individuale (dell'impresa) e collettiva (della destinazione);
- La necessità di affiancare all'innovazione delle imprese esistenti (e che sconta limiti evidenti, nel nostro paese accentuati dalla scarsa dimensione d'impresa) quella apportata da imprese nuove. Nel turismo tuttavia si conferma la presenza di un'ampia quota di imprenditorialità "non schumpeteriana", ossia motivata da particolari scelte di vita ("lifestyle entrepreneurship", specie ad esempio nell'agriturismo) e con una modesta propensione alla crescita ed all'innovazione. Ciò è aggravato dalla relativa debolezza delle politiche di sostegno all'imprenditorialità innovativa per quanto riguarda il turismo, sostegno che tuttavia oggi appare decisivo e realizzabile, ad esempio con iniziative di incubatori ed acceleratori di nuove imprese (sulla base di modelli già sperimentati ad esempio in Francia e Regno Unito e che, per altro, ripercorrono esperienze note in ambito manifatturiero).

Infine, è importante considerare alcuni "trigger" dei processi innovativi (sia pubblici che privati) che rivestono e rivestiranno grande rilevanza nell'ambito del turismo ed in particolare del turismo culturale. Agendo su tali leve, è in effetti possibile accelerare l'innovazione e realizzare un significativo vantaggio

competitivo, laddove opportunamente colti e realizzati. Ci riferiamo in particolare a:

- La *sostenibilità ambientale*: la possibilità di certificare un determinato livello di attenzione agli standard internazionalmente riconosciuti converge in un più ampio concetto di qualità dell'offerta turistica che è sempre più riconosciuto, apprezzato e remunerato dal turista;
- La *gestione dei flussi turistici* ed in particolare delle situazioni di congestione, che impattano negativamente sulla qualità percepita dell'esperienza turistica. A queste problematiche si può rispondere con forme di vincolo, ma anche con l'impiego di nuove tecnologie (Big Data, smart tourism) che sono sinergiche con un miglioramento della qualità della destinazione e dei servizi offerti (spesso sia al turista che ai residenti);
- La *sicurezza*, ossia l'abbattimento dei livelli di rischio connessi ad alcune attività (ad esempio, sportive come il trekking ed il cicloturismo) e alla vulnerabilità del turista nei confronti di attività criminali e terroristiche. Ciò comporta la messa in opera di infrastrutture tecnologiche che si prestano ad un utilizzo più ampio (ad esempio, di assistenza e informazione), con un impatto positivo sulla qualità dell'esperienza turistica;
- L'*accessibilità* ("turismo per tutti"), ossia la fruizione di esperienze turistiche anche da parte di persone con disabilità motorie, visive, uditive e intellettive. Si tratta di un tema che, anche per motivazioni di mercato (la cui rilevanza cresce in funzione dell'invecchiamento della popolazione e dell'importanza del consumo turistico nelle società contemporanee), è all'ordine del giorno in vari contesti internazionali e nazionali. D'altra parte, le innovazioni dettate dall'obiettivo dell'accessibilità possono anch'esse contribuire ad innalzare la qualità complessiva dell'offerta turistica e ad offrire nuove esperienze al consumatore non disabile.

La capacità degli operatori turistici e delle destinazioni di farsi protagonisti di queste dinamiche innovative inciderà non solo sulla loro attrattività e competitività, ma anche sul valore sociale del turismo, in particolare di quello culturale. Non si tratta di un impatto secondario, se soprattutto consideriamo quanto sia cambiata negli ultimi anni la percezione che le società locali hanno dei flussi turistici. Da una visione (talora ingenuamente) ottimistica si è ora passati ad una visione critica, che guarda con sorpresa preoccupazione ai limiti di uno sviluppo tourism-led ed ai costi che ne derivano su diversi piani, a cominciare da quello ambientale. L'"anti-turismo" costituisce ormai un movimento radicato localmente, ma su scala globale, che esprime un rifiuto nei confronti dei fenomeni di congestione dei luoghi turistici (si parla ormai comunemente di overtourism), ma anche delle minacce che la mercificazione imposta da certo turismo "di massa" pone alle identità locali.

In questo scenario il turismo culturale può permettere di ristabilire un nesso positivo tra sviluppo del turismo e identità locale ed in ciò esprimere il suo valore sociale. Un'identità forte è - tra l'altro - fattore di distintività e quindi anche di attrattività e di competitività. Tuttavia questo ruolo del turismo culturale può essere realizzato solo a determinate condizioni. La prima è che

alla mercificazione e banalizzazione delle culture per omogeneizzarle ad un sapere globale si opponga non la difesa conservatrice delle “autenticità”, spesso autoreferenziali, ma uno sforzo di condivisione e dialogo, “ri-autenticando” il nostro patrimonio culturale agli occhi di culture sempre più diverse e lontane, con cui, attraverso il turismo, si viene a contatto. Ciò significa uno sforzo complesso di “traduzione”, che le nuove tecnologie possono facilitare ma che comportano anche altri tipi di revisione, come l’integrazione sincera nel patrimonio culturale da offrire al visitatore di forme di cultura (dalla gastronomia alla moda ed al design), spesso immateriale e contemporanea e che un tempo si sarebbe definita non “alta”. La seconda è che la relazione delle comunità locali con il turismo culturale produca “capitale sociale”, il che non può avvenire senza realizzare un engagement dei residenti. Il valore sociale del turismo culturale si esprime allora nella capacità di integrare i residenti nelle scelte, non solo in termini difensivi, ma - in una logica bottom-up - come co-progettatori del dialogo con i visitatori. Ancora una volta, le nuove tecnologie possono offrire opportunità, sia in termini di attività economica privata che attraverso la forma cooperativa ed associativa, specie attraverso la “ibridizzazione” dell’heritage culturale con le industrie creative.

## **2.2 L’utilizzo delle tecnologie digitali a supporto del turismo culturale in Italia**

Nel 2018 il mercato dei Viaggi in Italia, considerando trasporti, alloggi e pacchetti, si assesta sui 58,3 miliardi di euro, con un incremento del 2% rispetto al 2017. In questo scenario, internet vede transitare ormai il 24% delle transazioni per i prodotti principali del mercato. A fianco dei prodotti “classici” (alloggio, trasporti, pacchetti) si va affermando il mercato dei servizi ancillari e delle attività in destinazione, su cui il digitale non è ancora penetrato con forza, ma le cui potenzialità di sviluppo sono notevoli; in particolare in un paese come l’Italia dove le eccellenze locali (enogastronomia, arte, ma anche design, mestieri d’arte, know-how industriale etc.), se adeguatamente valorizzate, possono costituire un fattore distintivo non replicabile in altri contesti.

I servizi esperienziali, venduti a completamento, e sempre più spesso come componente fondamentale dell’esperienza di viaggio o del soggiorno (shopping in loco, parcheggi, ingresso ad aree riservate, salta la coda etc.) costituiscono in diversi casi la motivazione stessa che spinge il turista italiano alla scelta dell’operatore o della destinazione. Lo shopping, ad esempio, costituisce un driver di attrazione molto rilevante, se si considera che per l’11% dei turisti è la motivazione principale del viaggio. Visitare attrazioni culturali è il driver che spinge a scegliere una certa destinazione per il 35% dei turisti italiani. Un segnale circa la vivacità che caratterizza questo comparto arriva anche dalle startup turistiche: quasi la metà delle imprese innovative italiane ha infatti come area di business principale quella delle cosiddette experience, segmento che può garantire all’industria turistica italiana la valorizzazione di asset ancora

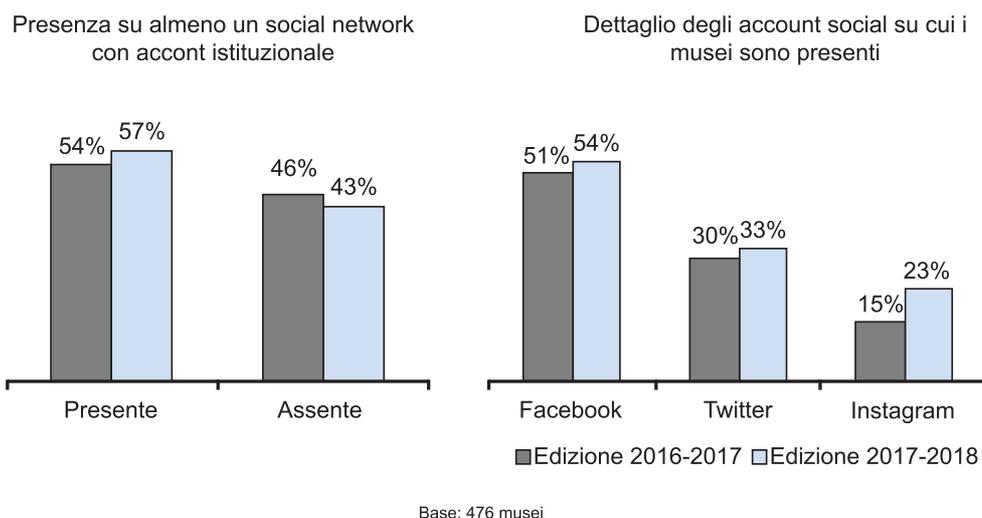
sotto-utilizzati (culturali, naturalistici, legati ai know-how artigianali e industriali distintivi del Paese etc.) e una distintività in grado di cogliere quel valore aggiunto necessario per la sostenibilità.

La nuova indagine sul digital tourist journey degli italiani condotta a fine 2018 dall'Osservatorio Innovazione Digitale nel Turismo del Politecnico di Milano getta luce sul valore e l'impatto delle attività in destinazione e dei servizi esperienziali sul mercato del Travel. Le attività e i servizi ancillari costituiscono in media il 26% del budget per la vacanza, superando il 31% in caso di weekend e vacanze brevi (fino a 3 giorni). Volendo dedicare un focus alle attività culturali il 57% dei turisti ne svolge almeno una durante la sua vacanza, spendendo in media 52 euro a persona. A questi si aggiunge il 37% dei turisti che usufruisce di tour guidati per una spesa media di 67 euro.

Per la maggior parte questo tipo di servizi viene ancora acquistato una volta giunti in destinazione, nel momento stesso della fruizione o magari con qualche giorno in anticipo. Un approfondimento sui canali di acquisto conferma che la prenotazione di persona è ancora prevalente e che la prenotazione su Internet avviene soprattutto sul sito diretto del fornitore del servizio (il 19% per attività culturali, il 30% per tour guidati nella vacanza breve rispetto al 21% della lunga). Le percentuali più alte di acquisto in loco si riscontrano per le attività culturali (59% dei turisti acquista direttamente sul posto nella vacanza breve e 48% nella vacanza lunga). Se in parte ciò è dovuto al tipo di servizio acquistato (la scelta di visitare un'attrazione può essere estemporanea), in parte dipende anche dalla maturità degli operatori rispetto al digitale. La grande frammentarietà e la dimensione spesso minima dell'offerta ha comportato due tipi di conseguenze. Da un lato, ha rallentato il processo di organizzazione della distribuzione (digitale ma non solo) di questi servizi e solo da pochi anni il mercato delle attività culturali ha incontrato l'interesse degli aggregatori, che ormai però ne hanno compreso la rilevanza e stanno lavorando su questo segmento; dall'altro, da parte dei fornitori stessi, ha comportato un investimento in servizi digitali ancora non adeguato rispetto alle esigenze dell'offerta. Come dettagliato più approfonditamente nel paragrafo successivo, ad esempio, solo il 23% dei musei italiani con un sito web offre la possibilità di acquistare online i biglietti tramite una chiara call-to-action sull'home page del sito.

### **2.2.1 Stato di digitalizzazione delle istituzioni culturali in Italia**

I dati più aggiornati sullo stato di digitalizzazione dei musei, monumenti e aree archeologiche italiani restituiscono la fotografia di un ecosistema ancora all'alba del processo di digitalizzazione. Facendo riferimento al censimento ISTAT relativo all'anno 2017 (sottomesso tra Maggio e Luglio 2018) emerge che solo il 10% dei musei ha un sistema di biglietteria online e il 48% ha un account social media. Solo il 34% è dotato di un sistema di conteggio dei visitatori (come tornelli conta persone). Ancora minore è la disponibilità di strumenti di supporto alla visita in loco come audioguide e app.



**Figura 2.1:** Percentuale di musei con un account istituzionale su almeno un social network e dettaglio di account social utilizzati. Fonte: Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano ([www.osservatori.net](http://www.osservatori.net)).

Se per alcuni musei questo può essere il frutto di una precisa scelta strategica, in tanti casi si tratta di un problema di risorse, vuoi economiche, vuoi di consapevolezza del sistema rispetto a costi e benefici derivanti dall'innovazione digitale. Questo deficit si riscontra in particolar modo - ma non solo - nei musei di piccole dimensioni, ma è trasversale alle diverse forme di gestione o proprietà. Questi dati richiamano alla necessità di una svolta anche culturale e alla necessità di attivare un processo di innovazione radicale. Il lato positivo è che tra gli addetti ai lavori si registra una spinta verso l'innovazione che ha fatto partire diverse sperimentazioni soprattutto sul versante su cui è più agevole per le istituzioni culturali innovare, ossia quello dell'online. L'analisi svolta dall'Osservatorio nel 2018 rispetto alla presenza sul web di circa 500 musei italiani mostra infatti una certa vivacità.

Partendo dall'analisi dei siti dei musei, cresce leggermente il numero di istituzioni culturali con un sito web proprietario (43% rispetto al 42% del 2016). Passi avanti si registrano anche sul fronte dei servizi che essi mettono a disposizione. Concentrandosi sui servizi più visibili, quelli messi a disposizione in home page con una chiara call to action, la biglietteria online è presente nel 23% di questi (3 punti percentuali in più rispetto allo scorso anno), il 67% mostra icone per l'accesso facilitato alle pagine social dell'istituzione (più 4 punti) e il 55% consente l'accesso alla collezione virtuale (3 punti percentuali in più).

La presenza su TripAdvisor è invece cresciuta molto (il 75% dei musei vi sono presenti, +13 punti percentuali rispetto a fine 2016) e le recensioni si mantengono altamente positive (4,3 in media su 5). Questa tendenza indica che il turista tende a privilegiare le piattaforme unitarie, che integrano la varietà dell'offerta, rispetto a soluzioni frammentate e specializzate sul singolo museo.

Come mostrato in Figura 2.1 è in aumento anche il numero di account ufficiali dei musei su tutti i maggiori canali social, ma in particolare su Instagram (la

 Instagram	 Commenti per post	 Like per post
 Minimo	0	11
Media	3	443
 Massimo	20	3468

Base: 92 account che fanno riferimento a 122 musei

**Figura 2.2:** Numero minimo, medio e massimo di commenti e like per post ottenuti dai musei analizzati su Instagram. Fonte: Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano ([www.osservatori.net](http://www.osservatori.net)).

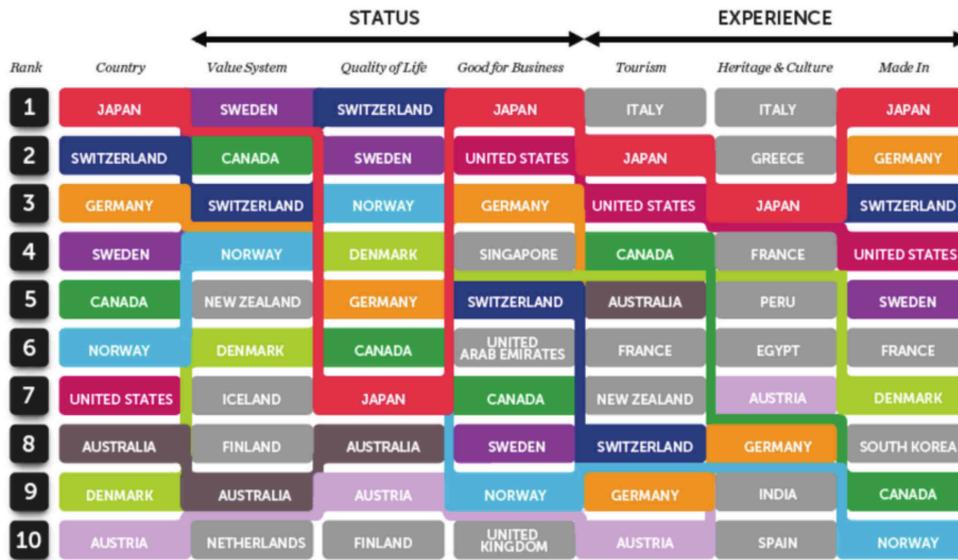
copertura è passata dal 15% del 2016 al 23% del 2018). Corrispondentemente è anche cresciuto il numero di musei che ha scelto di utilizzare sia Facebook, sia Twitter, sia Instagram (dal 13% al 18%).

Rimanendo su Instagram, l'analisi del numero di commenti e like per post mostra come questo social consenta di ottenere un coinvolgimento notevole degli utenti. In media, infatti, un post dei musei analizzati ottiene 3 commenti e 443 like, come mostrato in Figura 2.2.

### 2.3 Dal Piano Strategico del Turismo al Libro Bianco: una continuità progettuale

Il Piano Strategico del Turismo, brevemente chiamato PST nel seguito, elaborato dal Comitato Permanente di Promozione del Turismo con il coordinamento del MiBACT, copre l'orizzonte temporale dal 2017 al 2021 e rappresenta il documento di indirizzo strategico per porre il turismo al centro delle politiche di sviluppo del paese e per orientare l'innovazione dei settori, sia pubblici che privati, legati al turismo e alla cultura.

“Il PST intende promuovere una nuova modalità di fruizione turistica del patrimonio del nostro Paese, basata sul rinnovamento e ampliamento dell'offerta turistica delle destinazioni strategiche e sulla valorizzazione di nuove mete e nuovi prodotti, per accrescere il benessere economico, sociale e sostenibile e rilanciare così, su basi nuove, la leadership dell'Italia sul mercato turistico internazionale. Per perseguire tali obiettivi, il PST agisce su leve fondamentali come l'innovazione tecnologica e organizzativa, la capacità di adattamento alle trasformazioni del mercato, la valorizzazione del patrimonio territoriale e culturale; l'adeguamento delle competenze; le condizioni favorevoli per le attività imprenditoriali.” [PST 2017-2021, pag.7]



**Figura 2.3:** Country Brand Index 2016. Fonte: Future Brand

Il PST ricava la spinta al “rinnovamento e ampliamento” da una attenta analisi di dati macroeconomici - principalmente da WEF, UNWTO e ISTAT - da cui emerge chiaramente che l’Italia ha una elevatissima attrattività internazionale legata al proprio patrimonio culturale e ambientale, ed ha nei comparti dell’esperienza turistico-culturale uno dei principali fattori di identità e riconoscibilità - reputation base secondo il Country Brand Index 2016 mostrato in Figura 2.3. Tuttavia, dall’analisi degli stessi dati, emergono anche fattori di criticità e debolezza che motivano il rinnovamento del comparto. Fra questi citiamo:

- il valore generato dal settore turistico in Italia è al di sotto delle sue potenzialità;
- le visite sono ancora troppo concentrate su alcuni siti di straordinario valore che sono pertanto soggetti a una forte pressione, mentre la maggior parte dei siti minori, ma di grande valore culturale e/o paesaggistico, fatica ad essere visibile e garantire una gestione sostenibile;
- l’offerta è eccessivamente frammentata e si manifesta l’esigenza di maggior integrazione;
- debolezze si evidenziano anche quando si fa riferimento ai prezzi, cura dell’ambiente e infrastrutture;
- l’Italia ha registrato un decremento della presenza media del turista. I giorni di permanenza media sono infatti diminuiti, passando da 4,1 a 3,6 giorni, nello stesso arco temporale. Si stima (UNWTO) una perdita quantificabile in 38 miliardi di minori entrate valutarie 22.

Su questa base, il PST propone alcuni chiari orientamenti e individua linee strategiche di intervento “che possano aiutare l’Italia ad acquisire una nuova leadership fondata su sostenibilità, innovazione e competitività, e a

integrare nelle politiche turistiche il tema della valorizzazione responsabile del patrimonio territoriale, ambientale e culturale”. Inoltre, fornisce gli strumenti utili a migliorare le politiche di settore, a orientare la base normativa, “a indirizzare gli operatori sia pubblici che privati, a investire e operare nel turismo alla luce dei cambiamenti e delle innovazioni negli scenari internazionali, a mettere in sinergia le programmazioni regionali in campo turistico, a identificare e ad attuare azioni e progetti di valenza interregionale e nazionale”. Il risultato è un sistema organizzato che persegue quattro Obiettivi generali:

- a) Innovare, specializzare e integrare l’offerta nazionale
- b) Accrescere la competitività del sistema turistico,
- c) Sviluppare un marketing efficace e innovativo,
- d) Realizzare una governance efficiente e partecipata nel processo di elaborazione e definizione del PST e delle politiche turistiche.

I quattro Obiettivi sono articolati in sotto-temi, come raffigurato nello schema seguente. Ognuno di essi presuppone, o esplicitamente richiede, che il passaggio alla fase progettuale e realizzativa sia accompagnato dall’impiego delle più attuali tecnologie digitali dell’informazione e della comunicazione. Già oggi, quello del turismo è un comparto ad elevata digitalizzazione. Secondo UNWTO, oggi nove turisti stranieri su dieci si appoggiano a Internet ed ai servizi digitali principalmente per organizzare, pianificare, e, in parte, anche per svolgere il viaggio. Una tendenza destinata a crescere appena i millenials - i nati fra il 1980 e il 2000 - saranno la maggioranza dei viaggiatori . Ciò che dal PST emerge chiaramente è l’esigenza di far evolvere il sistema turistico attuale, e dunque anche l’infrastruttura tecnologica che lo sostiene, per adeguarsi alle nuove esigenze del mercato turistico e per intercettare le nuove tendenze della domanda, sia nazionale che internazionale. Il PST argomenta e caratterizza le ragioni del cambiamento, che rappresenta per molti aspetti una marcata discontinuità rispetto all’approccio odierno. In questo Libro Bianco schematizziamo tale cambiamento con la transizione da Turismo 3.0, il sistema attuale, a Turismo 4.0, da e-tourism a smart-tourism. Le specifiche del progetto di rinnovamento attraverso le tecnologie dell’informazione e della comunicazione che trattiamo nel seguito discendono direttamente dalla visione strategica presentata nel PST.

“All’innovazione del processo organizzativo e del prodotto si collega la sfida della digitalizzazione, che rappresenta la vera frontiera di un cambiamento irreversibile all’interno del quale si deve operare. La distribuzione virale delle informazioni, le profonde modifiche del percorso decisionale del viaggiatore e l’ampliamento degli strumenti di conoscenza disponibili per tutti gli utenti connessi sono oggi più che mai le principali leve del cambiamento.”

L’intero impianto degli Obiettivi si fonda nel PST su alcune visioni strategiche che consentono di dar validità alle strategie nel medio termine, fino al 2021 e oltre, cogliendo tendenze in atto a livello internazionale nella gestione del turismo e interpretando i trend comportamentali di turisti, con particolare attenzione alle abitudini in atto fra i giovani. Questo Libro Bianco è in linea di continuità con il PST per il quale intende fornire la guida progettuale per il corretto impiego delle tecnologie digitali nella attuazione degli Obiettivi e del cambiamento richiesto.

Diversamente dal PST che fa riferimento alle varie forme di turismo - culturale, paesaggistico, eno-gastronomico e così via - questo Libro Bianco si limita a considerare il progetto di un sistema digitale a sostegno del cambiamento del turismo culturale a città, borghi e luoghi d'arte dove le risorse turistiche da esporre, valorizzare e fruire sono le opere d'arte dell'immenso patrimonio artistico del nostro paese. Tuttavia, le soluzioni proposte, le tecnologie e metodi identificati qui sono facilmente applicabili alle altre filiere del turismo per creare un ecosistema digitale in cui, come auspicato dal PST, i servizi sono integrati e interoperanti e tutte le risorse del turismo accessibili in modo aperto e omogeneo.

## **Capitolo 3**

# **Turismo 4.0: gli obiettivi strategici**

Sabrina Gaito, Gian Paolo Rossi

Il progetto del Libro Bianco nasce dalla necessità di dare una risposta all'esigenza di rendere fattivo il Piano Strategico del Turismo 2017-2021, che rappresenta il documento di indirizzo strategico nazionale per porre il turismo al centro delle politiche di sviluppo del paese. Il Libro Bianco fa propri gli obiettivi strategici del PST e li declina in linee-guida di soluzione percorribile per raggiungerli. Questo capitolo definisce in dettaglio gli obiettivi da perseguire secondo il punto di vista dei diversi attori in gioco: il turista, le istituzioni museali e quelle territoriali.

### **3.1 Mappa degli obiettivi**

Dalla analisi del Piano Strategico del Turismo e dalle tendenze in atto a livello internazionale possiamo individuare, per ogni attore nel processo del turismo culturale, gli obiettivi generali da raggiungere con il Turismo 4.0, gli obiettivi di dettaglio che ne derivano, gli aspetti con maggiori implicazioni di innovazione e le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, ICT, che consentono il raggiungimento degli obiettivi stessi.

Il sistema turistico, infatti, è da sempre ad elevata intensità di informazioni che vengono create, accedute, scambiate ed elaborate. L'evoluzione del sistema turistico non può dunque prescindere dalle tecnologie digitali e dell'ICT. Come abbiamo visto nel Capitolo 1, questo processo di stretta interdipendenza fra sistema turistico e tecnologie digitali sta già caratterizzando il sistema attuale, T3.0, dove vien fatto ampio uso delle tecnologie web, sono stati gradualmente adottati i social network ed è in costante crescita lo sviluppo di servizi a supporto della visita in mobilità, riconoscendo l'elevata dinamicità dell'informazione turistica e dei propri consumatori. Tuttavia, il Turismo 4.0 non è solo semplice evoluzione di T3.0. Per molti aspetti l'ingresso nella fase di Turismo 4.0 impone un radicale cambiamento dell'approccio, dei modelli e dei paradigmi digitali che sono stati giudicati validi sinora ma che non sono più adeguati a sostenere

l'evoluzione del mercato del turismo e le nuove esigenze dei visitatori. Compito di questo paragrafo è quello di identificare e motivare, assieme agli aspetti evolutivi, i punti di discontinuità che caratterizzano la transizione da T3.0 a T4.0, capirne le ragioni e far emergere i nuovi requisiti dell'infrastruttura digitale (e delle tecnologie abilitanti) a supporto della nuova fase.

A tale scopo, partendo dagli obiettivi generali del PST, evidenziamo in Tabella 3.1 gli obiettivi riconducibili ai tre principali attori che agiscono, con diverse prospettive ed interessi, all'interno del sistema del turismo culturale: il turista/cittadino, l'ente culturale (l'istituzione che detiene/gestisce la risorsa culturale, sia esso il museo, le opere a cielo aperto, l'ente ecclesiastico o il sito archeologico) e il territorio (l'area geografica, con le sue istituzioni pubbliche di governance, su cui sono presenti le risorse culturali oggetto del viaggio). L'analisi di questi obiettivi ci consente di caratterizzare con precisione lo scenario che prefigura il Turismo 4.0, di identificare quali fra i nuovi requisiti richiedono una spinta evolutiva e/o innovativa sia dei processi che del prodotto e comprenderne le ragioni.

## **3.2 Il turista**

Le aspettative del turista e il suo approccio al viaggio stanno gradualmente trasformandosi. Due sono i punti che caratterizzano tale trasformazione:

1. Il turista è sempre più centrale, autonomo e attivo nelle scelte legate al viaggio;
2. La visita ad una destinazione deve essere vissuta come esperienza personale.

### **3.2.1 Centralità del turista**

Se si vuole porre il turista al centro del sistema turistico è necessario creare uno spazio digitale, strettamente connesso a quello fisico, e consentire al turista di muoversi al suo interno. E' il tipico scenario applicativo dell'Internet of Things (IoT), che si occupa di popolare in modo pervasivo lo spazio fisico con una varietà di oggetti - tag in radio frequenza, sensori, attuatori e apparati mobili - connessi ad Internet e in grado di interagire fra loro e con i dispositivi mobili delle persone. Il progressivo sviluppo dell'IoT genera un'evoluzione nella modalità di erogazione dei servizi passando da una logica always-on, tipica del web, ad una logica di servizi localizzati sempre pronti a essere attivati in tempo reale per rispondere a specifiche esigenze. Si crea in questo modo un tessuto ininterrotto di oggetti interconnessi in cui il turista è immerso e che può essere identificato, localizzato in ogni momento e in ogni luogo. *Servizi e contenuti digitali saranno continuamente disponibili attorno a noi creando le condizioni per nuove applicazioni e rendendo possibili nuovi modi di lavorare, interagire e vivere la nostra quotidianità* [Miorandi et al., 2012]. E'

l'infrastruttura che consente di trasformare ogni visita di un luogo in esperienza personale attraverso un continuo posizionamento non intrusivo del visitatore, funzionale a erogare servizi contestualizzati, ad arricchire la visita con contenuti appropriati, a raccomandare luoghi e risorse culturali nelle vicinanze in funzione delle precedenti abitudini di fruizione e acquisto.

Attore	Obiettivi generali	Obiettivi specifici	Implicazioni tecnologiche	Tecnologie abilitanti
Turista e cittadino	Centralità turista	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contestualizzazione dei servizi e dei contenuti</li> <li>Integrazione di servizi e contenuti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integrazione spazi fisico, digitale e sociale</li> <li><b>Servizi di piattaforma, validi su tutto il territorio</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT come cerniera fra spazio fisico e digitale</li> <li>Piattaforma unica e aperta</li> <li>Mobile computing</li> </ul>
	Creazione di un'esperienza di visita	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personalizzazione dei contenuti e dei servizi</li> <li>Partecipazione e protagonismo culturale</li> <li>Fruizione e accessibilità</li> <li>Itinerari tematici personalizzati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Big Data e centralità del dato</b></li> <li>Identificazione dei legami logici fra risorse culturali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Data analytics</li> <li>Mobile computing</li> <li>Recommendation systems</li> </ul>
Enti Culturali (Musei, città d'arte, siti archeologici, ...)	Ampliamento dell'audience	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modulare l'offerta in relazione alla domanda</li> <li>Comunicazione e marketing</li> <li>Collaborazione con altri enti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Unico catalogo dell'offerta culturale sul territorio</b></li> <li>Fotografare comportamenti e interessi dei visitatori</li> <li>Strategie espositive coordinate fra enti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Digital Social media</li> <li>Data analytics</li> <li>Piattaforma unica e aperta</li> </ul>
	Fidelizzazione dell'audience	<ul style="list-style-type: none"> <li>Engagement visitatori</li> <li>Fruibilità dell'offerta e dei contenuti</li> <li>CRM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Nuovi media digitali a supporto della visita</b></li> <li>Rilevazione di opinione e sentiment dell'audience</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Data analytics</li> <li>Gaming</li> <li>AR/VR</li> <li>Piattaforma unica e aperta</li> </ul>
	Accessibilità e Sostenibilità	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllo dei flussi</li> <li>Ticketing</li> <li>Accesso disabili</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Infrastruttura di rilevazione flussi-impatto in ogni sito</b></li> <li>Ridistribuzione flussi</li> <li>Infrastruttura di accessibilità in ogni sito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT</li> <li>Piattaforma unica</li> </ul>
Territorio	Ottimizzazione, redistribuzione e integrazione dei flussi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Creare infrastruttura di monitoraggio flussi</li> <li>Creare/proporre itinerari alternativi personalizzati</li> <li>Sostenibilità sul territorio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Integrazione infrastruttura di monitoraggio flussi</b></li> <li>Identificazione dei legami logici fra risorse culturali</li> <li>Creazione itinerari tematici</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT</li> <li>Piattaforma unica e aperta</li> <li>Data analytics</li> <li>Recommendation systems</li> </ul>
	Emersione siti minori	<ul style="list-style-type: none"> <li>Creare/proporre itinerari personalizzati</li> <li>Ampliare il catalogo dell'offerta culturale</li> <li>Valorizzare la comunicazione del territorio (e.g. ENIT)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Estendere la digitalizzazione ai siti emergenti</b></li> <li>Integrazione di tutta l'offerta</li> <li>Dar voce al territorio mediante la piattaforma digitale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mobile computing</li> <li>Piattaforma unica e aperta</li> <li>Data analytics</li> <li>Recommendation systems</li> <li>Marketing digitale</li> </ul>
	Integrazione offerta inter e intra filiere del turismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integrare l'offerta sul territorio superando logica a silos</li> <li>Integrare offerte in ambiti turistici contigui (es. enogastronomia)</li> <li>Cooperazione pubblico/privato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Superamento della frammentazione dell'offerta</b></li> <li>Dar voce al territorio mediante la piattaforma digitale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piattaforma unica e aperta</li> <li>Recommendation systems</li> </ul>

**Tabella 3.1:** Tabella degli obiettivi e delle tecnologie

In base alla descrizione fatta fin qui, l'IoT è funzionale a porre il turista (e cittadino) al centro del sistema turistico integrando le due dimensioni, quella del mondo fisico che ci circonda e quella della sua rappresentazione nel mondo digitale. Ciò consente al visitatore di trovarsi immerso in uno spazio fisico-digitale entro cui può automaticamente accedere a servizi personalizzati. Alcuni autori [Gretzel et al., 2015] a queste due dimensioni ne aggiungono una terza, quella sociale. Gli oggetti intelligenti diffusi nel contesto spaziale possono attivare automaticamente la trasmissione di messaggi all'interno di un gruppo sociale caratterizzato da forti legami sociali - familiari o amici stretti - per condividere l'esperienza di visita e per avere memoria degli spostamenti o degli incontri con amici in determinati punti della città. Gli studiosi che guardano

al turismo dal punto di vista sociale ed economico sono portati a considerare l'IoT come la piattaforma che genera “*eventi*” legati alle interazioni fra persone e luoghi, includendo non solo le interazioni del singolo individuo con lo spazio fisico, ma anche quello all'interno della rete sociale collegata, direttamente o indirettamente, al viaggiatore.

### 3.2.2 Visita come esperienza

Un aspetto distintivo del Turismo 4.0 è indubbiamente quello di porre definitivamente l'attenzione sul viaggio stesso e, di conseguenza, di spostare su questa fase (“il durante”) il valore dell'innovazione tecnologica. Il turista va supportato, aiutato e consigliato in tempo reale nei suoi spostamenti durante la visita della destinazione prescelta. Ciò ha impatto sia sui servizi accessibili tramite i dispositivi personali dei turisti, ma anche sulla destinazione del viaggio. Infatti, la visita come esperienza personale e di conoscenza nasce dalla convergenza fra la tecnologia dei dispositivi personali portatili e l'esperienza di viaggio stessa. In questo scenario, l'esperienza di viaggio è continuamente mediata dalla tecnologia dei dispositivi personali e opportunamente aumentata e arricchita mediante personalizzazione, consapevolezza del contesto, controllo ambientale, sistemi di raccomandazione e supporto alle decisioni<sup>1</sup>. In questo flusso di informazioni il turista ha un ruolo attivo poiché partecipa alla creazione della propria esperienza agendo direttamente sullo spazio digitale in cui è immerso. Per questo motivo si parla di *co-partecipazione* dell'esperienza di viaggio

E' chiaro che lo sviluppo di questi nuovi servizi digitali orientati al visitatore - e personalizzati - sarà possibile solo se i dati generati da una varietà di sorgenti diverse - che riguardano l'infrastruttura fisica, le connessioni sociali, le fonti governative e delle singole istituzioni, oltre che i visitatori stessi attraverso i propri dispositivi mobili - potranno essere raccolti, aggregati e analizzati. Lo scopo è quello di estrarre conoscenza su comportamenti, tendenze e dinamica nel tempo dei flussi turistici aggregati e dei singoli visitatori in relazione alle loro interazioni con le opere d'arte visitate e con lo spazio urbano in cui si muovono. Il tema dei big data e della loro analisi è, nella letteratura del settore, considerato elemento imprescindibile per lo sviluppo del Turismo 4.0. Come osservato da [Washburn and Sindhu, 2009], è necessario “*creare una consapevolezza in tempo reale del mondo fisico circostante e fornire l'analisi puntuale dei dati per aiutare i visitatori a prendere decisioni migliori riguardo alle alternative possibili, come pure definire le azioni che ottimizzeranno i processi e i risultati operativi dell'industria turistica*”.

---

<sup>1</sup> I suggerimenti informali di amici e familiari sono di gran lunga il canale più utilizzato per scegliere la destinazione del viaggio. In: Preferences of Europeans towards tourism - Flash Eurobarometer 432, 2016

### 3.2.3 Considerazioni sul punto di vista del turista

Quanto detto sinora prevede la costruzione di un tessuto ininterrotto di servizi accessibili dal turista in modo personalizzato e contestualizzato, e la raccolta, integrazione e analisi di un'enorme quantità di dati generati dalla interconnessione dallo spazio fisico, digitale e sociale. Tale continuità spaziale e temporale di servizi e dati non può essere limitata allo specifico luogo di visita, ma deve essere indipendente da questo e fruibile in modo omogeneo e aperto in ogni momento e in ogni luogo. Qui stanno i primi 3 grandi punti di discontinuità rispetto a T3.0. Stiamo auspicando e immaginando uno scenario totalmente nuovo e che non può essere realizzato in pratica senza introdurre alcuni punti di netta discontinuità rispetto all'approccio sin ora adottato. Nel seguito elenchiamo i tre punti che riteniamo essere i principali

1) *un ambiente unico di fruizione servizi, valido su tutta l'area geografica destinazione del viaggio* - Se ogni destinazione del viaggio e ogni istituzione culturale in essa crea il proprio ambiente digitale di servizi e contenuti, i visitatori possono creare solo una propria esperienza di visita frammentata e discontinua. In pratica, sono scoraggiati, se non disincentivati, dall'enorme quantità di piattaforme digitali che dovrebbero adottare, accedere e navigare durante una visita multi-site (con il risultato che nessuna di esse viene regolarmente usata). T4.0 crea le premesse per un unico ecosistema di servizi culturali integrato, aperto e indipendente dalla singola realtà museale;

2) *risorse culturali accessibili da un unico ed omogeneo catalogo che sappia anche evidenziare le relazioni logiche fra le diverse risorse culturali* - Tutto ciò contrasta radicalmente con l'approccio altamente frammentato seguito da T3.0 in cui ogni singolo ente segue una propria strategia di approccio al digitale, esponendo le proprie risorse in modo totalmente sordinato creando in questo modo tanti mondi indipendenti e non comunicanti. T4.0 impone un cambio di modello di riferimento per superare la varietà di spazi verticali autonomi a favore di un unico catalogo omogeneo, integrato e aperto;

3) *una gestione dei dati aperta e integrata* - I dati, prodotti alle intersezioni fra mondo fisico, digitale e sociale, giocano un ruolo chiave nel nuovo sistema del turismo. La piattaforma digitale li deve raccogliere, immagazzinare, elaborare, aggregare e analizzare. La capacità di integrare e trattare dati generati in luoghi e tempi diversi è funzionale a creare l'intelligenza sul contesto, sui comportamenti e sulle tendenze necessaria ad alimentare l'innovazione dei processi e dei servizi, e migliorare la qualità dell'esperienza del turista.

## 3.3 I musei

Negli ultimi anni, le tecnologie digitali sono state ampiamente adottate da istituzioni culturali, musei e città d'arte al fine di valorizzare le proprie opere, migliorare i propri processi di governance, ampliare la loro sfera di influenza sociale e geografica e coinvolgere maggiormente i propri visitatori. Oggi la

gran parte dei musei e siti storici hanno digitalizzato le proprie risorse culturali rendendole accessibili da web; altre esperienze hanno unito tecnologie mobili e di realtà aumentata e/o virtuale (AR/VR) per arricchire l'esperienza del visitatore durante la visita; infine, i principali social network sono largamente impiegati per comunicare e dare visibilità della propria offerta e per mantenere i legami con i propri utenti. Tuttavia, ogni iniziativa è limitata al singolo museo e ci sono moltissimi siti culturali tuttora esclusi da questo processo di innovazione.

### **3.3.1 Ampliamento e fidelizzazione dell'audience**

Dal punto di vista delle organizzazioni, il fine principale è l'allargamento e la fidelizzazione della propria audience. Il Turismo 4.0 rende il museo parte di un'esperienza turistica che coinvolge tutti gli aspetti della vita del turista, da quello culturale, a quello ludico passando dalla sua vita sociale. All'interno della filiera culturale, il museo del Turismo 4.0 deve aprirsi alla collaborazione con gli altri musei del territorio e rendere fruibili le proprie opere attraverso una piattaforma digitale di risorse culturali unica ed omogenea. L'offerta integrata valore all'opera arricchendo i servizi all'utente. Ad esempio, diventa possibile collegare gli infiniti percorsi che collegano semanticamente le opere del nostro patrimonio creando itinerari che intercettano opere appartenenti a diversi musei e/o siti culturali. Dal canto loro, i musei possono ampliare l'offerta culturale creando exhibition che mescolano opere fisiche e opere digitali provenienti da altri musei, superando le difficoltà insite nello spostamento di opere fisiche. Come parte di questo tutto ricco di attrattive e non come mera realtà culturale isolata, il museo ottiene innanzitutto una visibilità amplificata e rafforzata. Infatti, tramite i legami semantici tra le realtà culturali del territorio, l'integrazione dell'IoT e la piattaforma dati unica, il museo sarà in grado rendere più visibile la propria offerta proprio a coloro che più sono interessati per preferenze, abitudini o contesto socio e geo-temporale ai contenuti che propone. La raccolta inter-museale dei dati dei turisti permette, tramite l'analisi longitudinale e cross-visita, di conoscere le attitudini e le preferenze reali delle persone, favorendo così lo sviluppo di sistemi di raccomandazione e di diffusione di informazioni rivolti a piccoli gruppi omogenei o addirittura a singoli soggetti. In questo modo, ogni museo si trova immerso in una filiera dove la propria offerta è resa visibile ai turisti particolarmente interessati ai suoi contenuti e con variabili di contesto geografico, temporale, semantico e sociale adeguate.

L'ampliamento dell'audience non si traduce solo in un numero maggiore di visitatori, ma anche in una base allargata a fasce di popolazione diversificate e prima non raggiungibili o a cui il museo non era in grado di adattare la propria offerta. La piattaforma di big data analytics potrà fornire informazioni sui segmenti di popolazione al fine di compiere campagne di digital media marketing profilate secondo gruppi omogenei di potenziali visitatori. Inoltre l'integrazione dello spazio fisico e digitale on-site permette di rilevare con granularità sempre più fine gli interessi dei visitatori per singole opere, che

unite ai dati provenienti da altre realtà culturali permettono rilevare il grado di interesse degli utenti all'interno del museo stesso.

Utilizzando tali dati per l'analisi dell'engagement dei visitatori, si potrà agire sugli aspetti più efficaci per aumentare il livello di engagement dei turisti e aumentare il livello di fidelizzazione. Inoltre l'analisi dei social media da una parte permette ai visitatori di partecipare al processo di co-partecipazione e di rivelare le loro opinioni e sentimenti, dall'altra aiuta i musei ad incrementare la customer satisfaction e a pianificare future attività sulla base dei reali gusti e opinioni degli utenti.

### **3.3.2 Accessibilità e sostenibilità**

La piattaforma open e integrata con dati intra- e inter-museale permette l'ottimizzazione dei flussi in entrata e all'interno del museo. In questo ambito i dati sensoriali e l'IoT intra-museale in generale sono gli strumenti cardine della gestione dei flussi on-site, in quanto permettono la descrizione puntuale dei percorsi dei visitatori, mentre i dati IoT sul territorio permettono anche di regolare i flussi e le code in ingresso. Questo rappresenta il punto di congiunzione tra la singola realtà culturale e il territorio: i flussi sul territorio possono essere regolati per ottimizzare i singoli flussi all'entrata dei musei e suggerire altri siti in modo da ottimizzare i flussi e ampliare gli orizzonti dei visitatori proponendo alternative interessanti.

## **3.4 Il territorio**

Con il Turismo 4.0, la destinazione si trasforma e aggiunge intelligenza alla propria infrastruttura fisica e di servizi integrando gli oggetti dello spazio fisico nello spazio digitale mediante sensori usati come cerniere fra i due mondi. Ciò non riguarda esclusivamente le risorse del patrimonio artistico presenti sul territorio, ma si estende a comprendere le altre filiere del turismo e l'intera infrastruttura dello spazio urbano che evolve per sostenere l'evoluzione dei propri servizi al cittadino, oltre che al turista, e che riguardano, ad esempio, il controllo ambientale, il trasporto pubblico e la mobilità urbana (vedi Sezione 3.3.2).

### **3.4.1 Ottimizzazione, redistribuzione e integrazione dei flussi**

In epoca di turismo di massa, il peso dei flussi turistici non può essere sostenuto da poche destinazioni di grande prestigio, e neppure, a maggior ragione, da pochi siti al loro interno. Il punto è fortemente sottolineato dal PST che auspica

integrazione e cooperazione fra le diverse filiere del turismo, da quella culturale a quelle paesaggistiche e eno-gastronomiche.

(A.2) Il PST punta, dunque, al sostegno e al rafforzamento delle destinazioni emergenti - in particolare, città d'arte, borghi, parchi, montagne, aree protette ed aree rurali - in cui possono essere costruiti o rafforzati prodotti turistici basati sulla fruizione responsabile, sul rafforzamento degli elementi di sostenibilità del turismo e sull'innovazione (ad esempio integrando in questi siti la produzione di cultura contemporanea). In tali ambiti, viene promosso uno sviluppo turistico fortemente integrato con la valorizzazione delle altre risorse territoriali, come ad esempio l'agricoltura o la cultura materiale dei luoghi.

Un tale scenario induce a concepire un insieme articolato di servizi turistici progettati per comunicare fra loro in una logica di apertura e integrazione. Un ecosistema del turismo, termine direttamente usato nel PST:

(B.1) . . .volto a creare un ecosistema digitale per il turismo in grado di sviluppare appieno le potenzialità messe oggi a disposizione dalla tecnologia sia per il settore pubblico che per quello privato, valorizzando gli investimenti programmati nell'infrastruttura digitale con lo sviluppo parallelo di servizi di rete adeguati al mutamento della domanda.

Come aspetto distintivo di questo ecosistema segnaliamo il fatto che esso include la cooperazione fra pubblico e privato in una accezione che è considerata piuttosto inusuale dagli esperti [Buhalis, 2003] e che si concretizza in “*organismi pubblici e governativi più aperti e disponibili a offrirsi al privato come provider di infrastruttura tecnologica, di dati e di risorse del turismo*”. In questo binomio di collaborazione si inserisce anche il turista che può creare e offrire valore come pure controllare la qualità del servizio e la bontà della governance.

Il punto chiave su cui porre l'attenzione è contenuto nel termine ‘*infrastruttura tecnologica, di dati e di risorse del turismo*’, che sta ad indicare una *piattaforma digitale in cui diventa prioritario poter contare su ambienti digitali in grado di comunicare fra loro, dove è possibile rendere interoperabili e integrabili sorgenti e flussi di dati, dove tutte le risorse del turismo siano descritte da contenuti digitali facilmente accessibili in modo omogeneo*. Con il Turismo 4.0 non c'è spazio per uno spazio digitale frammentato in molteplici sistemi informativi individuali e autonomi; al contrario, la tecnologia è vista come funzionale a costruire una piattaforma tecnologica unica ed omogenea, costruita per essere aperta, interoperante, scalabile e flessibile.

### **3.4.2 Emersione siti minori**

Anche nel Turismo, così come in campo economico, sociale e politico, si osserva il comportamento teorizzato da Vilfredo Pareto, nel quale pochi soggetti concentrano su di essi la ricchezza, mentre una innumerevole moltitudine di piccoli altre realtà accede solo a una piccolissima parte della ricchezza esistente. Nel campo del turismo, dove i soggetti sono le realtà culturali quali i musei e la ricchezza è data dal numero e varietà dei visitatori, si assiste allo stesso andamento. I flussi turistici si focalizzano su pochi importanti siti culturali, tralasciando la gran parte dei siti minori. Tale fenomeno è ancor

più rilevante in Italia data l'incredibile varietà di siti che rappresentano quella ricchezza storica e culturale ineguagliata nel mondo. In nessun luogo più che nel nostro paese risulta quindi cruciale far emergere i siti minori, renderli visibili e accessibili ai visitatori, e aiutare il turista a pianificare le proprie visite in termini di efficienza e personalizzazione. Un piano di visita ottimizzato, infatti, permette al turista di guadagnare il tempo per una visita a un sito meno popolare, sottraendolo al tempo speso in inutili code o gestione mal organizzata dei servizi. La personalizzazione dell'esperienza di visita permette di raccomandare al visitatore, tra la moltitudine di siti disponibili tra cui sarebbe molto difficile scegliere, quelli a lui più congeniali in termini di interessi, preferenze e connessioni sociali e più accessibili in termini di contesto spazio-temporale.

### 3.4.3 Integrazione filiere

Su una tale piattaforma unica, il cui provider può essere pubblico, diventa ora possibile realizzare servizi verticali, anche offerti da privati, come quelli auspicati dal PST e inconcepibili partendo dall'attuale frammentazione.

(A.3.2) Il PST sostiene in primo luogo la progettazione e l'implementazione di itinerari interregionali di offerta turistica, intesi quali "assi di senso" (prodotti di sistema) legati a specifiche esperienze turistiche e in grado di collegare le aree di maggior attrazione con quelle a minore densità turistica. Gli itinerari dovranno inoltre alimentare le relazioni e le connessioni tra l'attività turistica e le altre attività (enogastronomia, agricoltura, cultura, etc.).

La centralità del turista, che già ha imposto di superare la visione divisionista dei singoli musei, porta questo processo di unificazione fino a superare non solo i muri dei singoli musei, ma anche le barriere esistenti tra le diverse filiere turistiche. Il turista, se centro e perno della vita turistica, deve poter transire tra diverse attrazioni senza avvertire alcun ostacolo apparente, passando da una visita culturale, ad una passeggiata in una foresta protetta per finire su un lembo di spiaggia in un'unica esperienza senza soluzione di continuità. E spingendo tale concetto fino all'estrema ratio, non solo le visite a siti interessanti, ma tutto l'ecosistema del territorio, compreso la cultura alberghiera, gastronomica ed enologica devono essere a portata di mano del turista, in modo che possa anche passare da sì diverse filiere con fluidità.

Per raggiungere tale obiettivo la piattaforma unica deve integrare in ottica open data i dati di tutte le filiere turistiche del territorio e offrire API per rendere le attività del territorio in grado di offrire i propri servizi al visitatore in modo totalmente integrato. Il turista deve essere supportato durante il proprio percorso di visita sotto tutti gli aspetti tipici di un viaggio, con assistenza e suggerimenti efficienti, personalizzati e contestualizzati.

## Riferimenti bibliografici

- [Buhalis, 2003] Buhalis, D. (2003). *eTourism: Information technology for strategic tourism management*. Pearson education.
- [Gretzel et al., 2015] Gretzel, U., Sigala, M., Xiang, Z., and Koo, C. (2015). Smart tourism: foundations and developments. *Electronic Markets*, 25(3):179–188.
- [Miorandi et al., 2012] Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., and Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad hoc networks*, 10(7):1497–1516.
- [Washburn and Sindhu, 2009] Washburn, D. and Sindhu, U. (2009). Helping cities understand “smart city” initiatives. *Growth*, 17(2):1–17.

## Capitolo 4

# Stato dell'arte

Paola Dal Zovo, Gian Paolo Rossi

### 4.1 Piattaforme digitali di dati e servizi: analisi dell'offerta

Questo Libro Bianco delinea le funzionalità, l'architettura e le tecnologie necessarie alla realizzazione di un ecosistema digitale di dati e servizi per il Turismo 4.0. Pur non essendo oggi disponibile alcuna soluzione in grado di coprire l'ampiezza di funzionalità qui indicata, iniziano tuttavia ad emergere alcune soluzioni di mercato, sia pubbliche che private, che si muovono nella direzione di una piattaforma digitale unica di dati e servizi. La soluzione è spesso limitata e parziale, l'impatto su territorio e utenza estremamente diversificato e lo stato di avanzamento varia dal prototipo alla soluzione disponibile sui principali store digitali. Questo capitolo fornisce una rassegna delle proposte più interessanti.

Molte soluzioni istituzionali si rivolgono al territorio regionale di riferimento e sono prevalentemente orientate alla catalogazione e conservazione; sono tuttavia insufficienti rispetto alle necessità e potenzialità della fruizione. Ad esempio, Lombardia Beni Culturali è il portale del patrimonio culturale lombardo, promosso da Regione Lombardia in collaborazione con altre istituzioni pubbliche e private. In esso vengono pubblicati i profili dei principali Istituti di cultura lombardi, quali musei, archivi e biblioteche, i cataloghi dei patrimoni da loro conservati, le descrizioni dei beni diffusi sul territorio, complessi architettonici e emergenze urbanistiche significative, risorse storico archivistiche, percorsi tematici. Le schede pubblicate nella sezione Beni Culturali sono ricercabili, visualizzabili con descrizioni e fotografie; provengono dal SIRBeC (reingegnerizzato come SIRBeCweb) - Sistema Informativo dei Beni Culturali della Regione Lombardia, il sistema di catalogazione, del patrimonio culturale lombardo, pubblico e privato. Il catalogo Regione Lombardia utilizza come modello dei dati di base la struttura definita da ICCD, con un ampliamento per

informazioni aggiuntive, e raccoglie dati relativi ad 1 milione di beni culturali catalogati in Lombardia, di cui 180.000 catalogati nel SIGeCWeb del MiBACT<sup>1</sup>.

Vi sono inoltre piattaforme digitali realizzate attraverso progetti finanziati da enti sia locali che nazionali, che hanno obiettivi specifici e/o ambiti circoscritti. Ad esempio, nell'ambito del progetto SACHER (Smart Architecture for Cultural Heritage in Emilia-Romagna) finanziato dalla Regione Emilia-Romagna (POR-FESR 2014 - 2020), concluso a luglio 2018, è stata realizzata una piattaforma ICT distribuita e open source, in grado di integrare le piattaforme ICT attive presso enti pubblici e privati, facilitando l'archiviazione e la fruizione dei dati relativi ai Beni Culturali sia per utenti specializzati che per il turista. La piattaforma è in grado di fornire strumenti di identificazione univoca e modellazione 3D dei Beni Culturali oltre a servizi applicativi in grado di garantire l'accesso, l'analisi e presentazione avanzata dei dati.

A livello nazionale, l'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD) del Ministero per i beni e le attività culturali (ICCD) ha come compito principale quello di definire, in accordo con le regioni, metodologie e procedure per la catalogazione secondo criteri omogenei, con lo scopo di creare e promuovere un Catalogo generale centralizzato<sup>2</sup> del patrimonio archeologico, architettonico, storico artistico ed etno-antropologico nazionale.

Le informazioni sulle opere sono definite in schede descrittive sulla base di standard catalografici, vocabolari controllati definiti dall'ICCD; tali schede sono lo strumento di base con il quale è stato nel tempo popolato il Catalogo Generale dei Beni Culturali, la banca dati che raccoglie e organizza a livello centrale le informazioni descrittive dei beni culturali catalogati in Italia, frutto delle attività di condotte da diverse istituzioni sul territorio. In base a dati recenti<sup>3</sup>, sono disponibili 2.727.730 schede di beni; una parte progressivamente crescente di schede fino a oggi prodotte sono conferite al Sistema Informativo Generale del Catalogo (SIGeCweb) e sono ricercabili online.

La Pubblica Amministrazione italiana sta inoltre attuando la definizione del Sistema Museale Nazionale (SMN), mettendo in rete musei e luoghi della cultura al fine di migliorare il sistema di fruizione, accessibilità e gestione sostenibile del patrimonio culturale. Al centro dell'ecosistema digitale dei musei si porrà la realizzazione della Piattaforma di integrazione del Sistema Museale Nazionale, uno strumento che abiliterà l'interoperabilità e l'interscambio di dati tra tutti i musei italiani ad ogni livello (statali, regionali, privati, ecclesiastici) e la Direzione Generale Musei e che consentirà di offrire nuovi servizi digitali ai turisti e agli stakeholder coinvolti nell'ecosistema. AGID sta affiancando il MiBACT nella progettazione e nello sviluppo di tale piattaforma. Il 23 agosto 2019 la Direzione Generale Musei ha pubblicato il Piano Triennale per la

---

<sup>1</sup> Maggiori informazioni su piattaforma e dati in: [http://www.lombardiabeniculturali.it/blog/up\\_da\\_SIRBeC\\_aSIRBeCWeb.pdf](http://www.lombardiabeniculturali.it/blog/up_da_SIRBeC_aSIRBeCWeb.pdf)

<sup>2</sup> [www.catalogo.beniculturali.it](http://www.catalogo.beniculturali.it)

<sup>3</sup> Dati aggiornati al 31 dicembre 2018 - <http://www.iccd.beniculturali.it/it/i-numeri-del-sigeweb>

Digitalizzazione e l'Innovazione dei Musei<sup>4</sup> (realizzato con la collaborazione, tra gli altri, di AgID, CNR, Politecnico di Milano, ICOM, alcuni degli istituti centrali del MiBACT (ICCD e ISCR), ecc.), con lo scopo di fornire un quadro di riferimento organico nell'adozione di strumenti e processi digitali per la tutela e valorizzazione del patrimonio culturale in un orizzonte di breve e medio periodo. Il piano evidenzia che l'obiettivo del miglioramento dei servizi al pubblico sarà possibile attraverso:

- L'adozione del Catalogo dei servizi museali.
- Metodi per la definizione di processi di digitalizzazione quali la creazione di modelli in 3D, soluzioni di realtà aumentata ed esperienze di gaming.
- Sistemi integrati di Analytics, Business Intelligence e Big Data con flussi di dati strutturati, in piena sicurezza e nel rispetto dei regimi di riservatezza.
- Azioni di customer satisfaction e di monitoraggio della qualità dei servizi.
- Soluzioni innovative di geolocalizzazione con la creazione di guide museali personalizzate.

Il piano affronta la necessità di essere presenti in maniera efficace sui canali digitali con contenuti adeguati e in grado di coinvolgere il pubblico, ma anche con servizi di ticketing e commercializzazione.

Nel panorama internazionale delle piattaforme digitali, vanno necessariamente considerate la proposta Europea, a livello Europeo, e la piattaforma Google Art and Culture, a livello globale. I prossimi due paragrafi forniscono un maggior dettaglio di entrambi. Segnaliamo in questa stessa categoria anche l'esperienza di piattaforma digitale unificante (Databenc Art) condotta in Campania dal consorzio Databenc<sup>5</sup>.

### 4.1.1 Europea

Europeana<sup>6</sup> è la piattaforma digitale dell'UE che dà accesso al patrimonio culturale proveniente da oltre 3.700 tra musei, biblioteche e archivi di tutta Europa. La sua dotazione include oltre 50 milioni di opere digitalizzate quali libri, film, dipinti, giornali, archivi sonori, mappe, manoscritti ed archivi, etc. più di 3 milioni dei quali resi disponibili dall'Italia.

Il soggetto che ha in carico il servizio Europea è la Europea Foundation che si occupa anche della gestione del portale Europea.eu e della realizzazione dei servizi ad esso correlati. La Fondazione è affiancata dal Network Association Members Council, che supporta la Fondazione nella elaborazione delle attività e dei piani strategici di sviluppo. Europea raccoglie informazioni contestuali sugli oggetti, corredate da una immagine di anteprima e fornisce una chiara

---

<sup>4</sup> "Piano Triennale per la Digitalizzazione e l'Innovazione dei Musei", MIBAC, Direzione Generale Musei - 2019. URL: <http://musei.beniculturali.it/wp-content/uploads/2019/08/Piano-Triennale-per-la-Digitalizzazione-e-Innovazione-dei-Musei.pdf>.

<sup>5</sup> <http://www.databenc.it/>

<sup>6</sup> <https://www.europeana.eu/portal/it>

informazione sulle condizioni d'uso e di copyright delle risorse, in modo tale che gli utenti sappiano sempre cosa è consentito e cosa no.

Il modello di dati per la base di conoscenza di Europeana, Europeana Data Model (EDM), permette di rendere ricercabili le informazioni dalle diverse organizzazioni culturali - biblioteche, musei, archivi e collezioni audiovisive. Ogni oggetto digitale reso accessibile da Europeana non è necessariamente memorizzato centralmente, ma può essere ospitato direttamente dalla istituzione che l'ha in carico per cui, per accedere ad un oggetto individuato tramite Europeana e ai contenuti completi ci si può connettere al sito originale dell'istituzione che ne cura gestione e conservazione (e che ha fornito i dati).

Europeana raccoglie i dati a livello nazionale, tematico o sulla base di progetti specifici. Gli aggregatori nazionali, come CulturaItalia, sono particolarmente importanti perché supportano gli istituti che intendono aderire ad Europeana ad applicare gli standard e le procedure di normalizzazione dei dati e consentono l'invio automatico dei dati verso il portale europeo.

Europeana e i progetti che contribuiscono al contenuto di Europeana.eu sono stati finanziati dalla Commissione Europea nell'ambito di diversi programmi. Europeana si avvale anche di finanziamenti dai ministeri della cultura e dell'istruzione degli Stati membri.

Europeana supporta cinque diversi tipi di contenuti (immagine, testo, audio, audiovisivi e 3D); l'immagine e il testo costituiscono le categorie di contenuti maggiormente presenti.

Il report del gruppo di lavoro dell'EU<sup>7</sup> evidenzia che, se gli obiettivi quantitativi di Europeana sono già stati in gran parte raggiunti, pare esservi la problematica della qualità di tali dati, nonostante la maggior parte delle iniziative che gli Stati membri impiegano per incoraggiare le loro istituzioni culturali a contribuire paiano dare priorità alla quantità rispetto alla qualità. Dal report emerge, da una parte, l'importanza di dare rilevanza ai "capolavori", per quanto questa definizione sia ambigua e pertanto non vi siano indicazioni di risultato precise. Dall'altra, di dare importanza alla qualità delle riproduzioni e dei metadati descrittivi e relativi alla riproduzione digitale (e.g. qualità dell'immagine, IPR); i metadati sono estremamente rilevanti anche per permettere la reperibilità tramite ricerche online.

Che cosa si intenda per qualità nel contesto di Europeana è chiarito nella Europeana Publishing guide e nel report della task force in merito alla qualità dei metadati<sup>8</sup>. Correlato alla qualità è anche il concetto di 'tier' o livello di partecipazione ad Europeana, che riflette oltre alla qualità anche la disponibilità

---

<sup>7</sup> *"Implementation of Commission Recommendation on the digitisation and online accessibility of cultural material and digital preservation - Consolidated Progress Report 2015-2017"*, Interactive Technologies, Digital for Culture & Education (Unit G.2) - 2018. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-commission-report-cultural-heritage-digitisation-online-accessibility-and-digital>.

<sup>8</sup> *"Report and Recommendations from the Task Force on Metadata Quality"*, Europeana Task Force on Metadata Quality. URL: [https://pro.europeana.eu/files/Europeana\\_Professional/Publications/Publishing\\_Framework/Europeana%20Publishing%20Framework%20V1.1%20Italian.pdf](https://pro.europeana.eu/files/Europeana_Professional/Publications/Publishing_Framework/Europeana%20Publishing%20Framework%20V1.1%20Italian.pdf).

e l'adeguatezza per il riuso. Il livello più basso, 1, permette agli utenti di cercare oggetti e collezioni; l'utente può poi visualizzare un'anteprima (se l'oggetto è visivo) e l'oggetto digitale completo sul sito web del fornitore. Il livello 2 permette agli utenti di visualizzare una versione di buona qualità dell'oggetto digitale direttamente in Europeana Collections, senza dover navigare verso un altro sito. Europeana può presentare le risorse dei fornitori in contesti tematici, ad esempio nelle nuove collezioni tematiche Europeana Art o Europeana Music. I dati di livello 3 consentono l'accesso diretto a un oggetto digitale di migliore qualità possibile, e ammettono il riuso purchè non abbia scopo di lucro. Infine, i contenuti di livello 4 sono di alta qualità e pubblicati con una licenza che ne permetta il libero riuso in siti web, applicazioni, servizi e prodotti anche commerciali. Queste possibilità permettono ai fornitori di contenuti di scegliere i termini di accesso e riuso dei dati di Europeana, ovvero se usare la piattaforma come strumento di ricerca o per il riuso dei dati.

#### 4.1.2 Google Arts and Culture

Google Arts and Culture, in precedenza progetto Google Art<sup>9</sup>, è una piattaforma online del Google Cultural Institute (no profit) che, a partire dal 2011, rende disponibili e ricercabili immagini di opere d'arte ad alta risoluzione, provenienti dai più importanti musei internazionali (inclusi gli Uffizi, il Louvre, la Tate Gallery, il Metropolitan Museum di New York), utilizzando la stessa visione computerizzata e la tecnologia della realtà aumentata del sistema StreetView, e rendendo disponibili immagini con estrema risoluzione, in Gigapixel. Google Arts & Culture ha instaurato collaborazioni con oltre 1200 musei, gallerie e istituti in 70 paesi. Dopo le opere d'arte delle più importanti collezioni e dei più rinomati musei del mondo, Google ha costruito anche una raccolta digitale di arte urbana Street Art<sup>10</sup> con oltre 5000 opere di Street Art dipinte su muri, edifici e superfici di tutto il mondo.

La piattaforma Google Arts and Culture è disponibile sia in forma di applicazione web che nativa. L'app, gratuita, oltre a fornire informazioni su musei e relative collezioni ed orari, permette ad esempio di vedere con estremo dettaglio le opere, di salvare le opere d'arte preferite in una collezione personale e di condividere le proprie collezioni con amici e studenti, di vedere i musei più famosi del mondo e visitare virtualmente luoghi di interesse emblematici. Le opere possono essere esplorate per categorie (movimenti artistici, artisti, luoghi,..) ma anche per periodo e colore, ovvero filtrandole per epoca o per colore prevalente. Infine offre la funzionalità, più ludica, dell'Art Selfie: una volta che l'utente ha scattato un selfie, il sistema elabora i tratti somatici e presenta dei ritratti 'simili' reperiti tramite intelligenza artificiale da collezioni di opere di diverse epoche. Quest'ultima funzionalità, adatta a diffusione sui

---

<sup>9</sup> <https://artsandculture.google.com/>

<sup>10</sup> <https://artsandculture.google.com/project/street-art>

social, ha riscosso notevole curiosità e successo, anche presso gli utenti meno esperti di arte.

La mission del Google Cultural Institute, attraverso Google Arts & Culture è quella di organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e utili.

Alle istituzioni, potenziali partner, propone strumenti all'avanguardia per digitalizzare le opere e il museo mediante le tecnologie, supporto per gestire le risorse digitali e metadati (spazio di hosting di contenuti, funzionalità avanzate di pubblicazione e elaborazione delle immagini), strumenti per narrazione. Assicura inoltre che le opere digitalizzate restano di proprietà dei partner, che possono cancellarle quando vogliono e che Google non può realizzare profitti finanziari diretti (questo ultimo termine riveste in questo specifico caso un significato importante).

In Italia, il MiBACT ha avviato le prime procedure atte a una fattiva collaborazione con Google nel 2009, consentendo così che Pompei diventasse il primo sito archeologico al mondo ad essere navigabile online su Google Street View. Per il MiBACT, dopo l'accordo con Google Books per la digitalizzazione di un milione di volumi dalle Biblioteche nazionali di Roma e Firenze e quello con Street View per la mappatura delle principali aree archeologiche italiane, la collaborazione con Google è stata accolta positivamente per promuovere in tutto il mondo il grande patrimonio storico artistico italiano. Tra i principali musei mondiali che hanno aderito immediatamente al progetto nel 2011 vi è la Galleria degli Uffizi di Firenze, che ha concesso la riproduzione in altissima risoluzione del capolavoro di Botticelli "Nascita di Venere".

Come evidenziato nel lavoro di Bonacini<sup>11</sup>, "Google si sta dimostrando senz'ombra di dubbio il soggetto, e per di più privato, più attivo al mondo nella conservazione, divulgazione e promozione, attraverso una campagna di digitalizzazione senza precedenti aperta anche alla collaborazione degli utenti. Un soggetto che si presenta forte di una capacità d'investimento economico incomparabile con quella di qualsiasi altra iniziativa di digitalizzazione, col quale finora non riescono a competere nemmeno i grandi progetti internazionali come la stessa Europea". Come quest'ultima, va notato che il progetto Google Arts & Culture è ancora principalmente orientato ad una navigazione da remoto e non è esplicitamente adatto al supporto della visita on-site, che dovrebbe essere l'obiettivo finale di ogni iniziativa di valorizzazione del patrimonio di un territorio. La soluzione descritta al paragrafo seguente, al contrario, si rivolge ad utenti in mobilità.

---

<sup>11</sup> Bonacini, E. (2014). "Google e il patrimonio culturale italiano". SCIRES-IT-SCientific REsearch and Information Technology, 4(1):25-40

### 4.1.3 VASARI

VASARI<sup>12</sup> è una innovativa piattaforma tecnologica che integra e rende accessibili i contenuti culturali, museali ed extra-museali, al fine di consentire un accesso unificato al patrimonio artistico italiano e di sviluppare servizi totalmente nuovi e integrati, sia per i visitatori che per le istituzioni culturali. La piattaforma è in corso di sviluppo e di validazione nell'ambito dell'omonimo progetto, cofinanziato dal MIUR con il sostegno dell'Unione Europea, attivato grazie ai Fondi PON R&I 2014-2020 e FSC per l'area di specializzazione Cultural Heritage del PNR 2015-2020. Al progetto, coordinato da Santer Reply, partecipano 7 università italiane e diverse aziende con specializzazioni tali da contribuire ai molteplici aspetti innovativi della soluzione.

A differenza delle iniziative menzionate nelle sezioni precedenti, VASARI è pensato e sviluppato per le esigenze del turista durante la visita ai diversi siti culturali della destinazione del viaggio. Grazie alla capacità di integrare lo spazio fisico di visita con il corrispondente spazio digitale di contenuti e servizi, VASARI crea un nuovo spazio culturale contestualizzato in cui il visitatore è immerso per arricchire, personalizzare e condividere la propria esperienza di visita in una logica multi-sito. Per questa sua natura, VASARI ha importanti sfide progettuali da affrontare e risolvere. Infatti, da un lato, l'offerta di servizi a supporto della mobilità turistica deve appoggiarsi su una piattaforma di dati e contenuti, omogenea, integrata e aperta; dall'altro, l'architettura deve garantire flessibilità, scalabilità (sia sul territorio che sul numero di visitatori), ma anche capacità di reazione in tempo reale alle esigenze di visita. Per quanto riguarda il modello di dati per i contenuti digitali, VASARI adotta gli standard di catalogazione dell'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD) e arricchisce i dati di catalogo creando un overlay semantico che traccia le relazioni logiche fra opere e siti, e che risulta particolarmente adatto a valorizzare l'opera e migliorare la fruizione da parte del visitatore.

L'infrastruttura tecnologica di VASARI si basa su una moderna architettura a microsistemi che si presta anche a soluzioni di edge computing, consentendo in tal modo di soddisfare vincoli stringenti di real time, come quelli che si presentano con l'erogazione di servizi di gamification e di realtà virtuale.

Tramite tecniche di Internet of Things VASARI raccoglie continuamente informazioni di contesto e ambientali, lo stato di affollamento delle sale e di lunghezza delle code di accesso, registra ed interpreta le interazioni visitatore-opera, nel rispetto della privacy, al fine di comprendere le abitudini di fruizione culturale e di valutare l'impatto delle proprie proposte sul consumo culturale del visitatore. Il sistema riesce a generare un profilo dinamico dell'utente e del contesto e, grazie ad esso, è in grado di presentare percorsi di visita, e relativa narrazione, contestualizzati e personalizzati.

VASARI intende massimizzare le ricadute sociali ed economiche legate alla valorizzazione del patrimonio artistico e facilitare la gestione, la valorizzazione e la cooperazione da parte di istituzioni culturali, che potranno attivare servizi

---

<sup>12</sup> <http://www.vasariartexperience.it>

più efficaci ed offrire un'esperienza di qualità in loco, significativa sia dal punto di vista cognitivo che emotivo e più prossimo alle esigenze di conoscenza ed esperienza di cittadini e turisti. VASARI è una piattaforma aperta per favorire lo sviluppo di servizi da terze parti, creare nuove soluzioni volte a rafforzare e ampliare il turismo culturale, e per portare l'innovazione ICT presso tutte le istituzioni, anche quelle minori, mediante i vantaggi di scala di una soluzione integrata.

#### 4.1.4 Un hub di storytelling: izi.TRAVEL

izi.TRAVEL<sup>13</sup> è una piattaforma di StaaS, 'Storytelling as a service', che consente di creare guide digitali gratuitamente e di fruirne tramite una applicazione mobile o web. La piattaforma è composta da tre componenti principali:

- Applicazione per dispositivi mobili che permette di fruire delle guide multimediali sullo smartphone dell'utente (Apple, Android e Windows);
- Content Management System dove è possibile registrarsi e creare audioguide in diverse lingue;
- sito Web izi.travel dove è possibile esplorare e ascoltare tutte le guide per pianificare il viaggio.

izi.TRAVEL è nata nel 2011, da un team di innovatori olandesi ed un investitore svizzero, con l'ambizione di diventare una piattaforma globale, aperta e gratuita nei settori della cultura, del patrimonio culturale e del turismo, per permettere alle organizzazioni (musei, uffici turistici, università, ecc.) di dare vita alle loro storie e rendere l'esplorazione di musei e città ancora più stimolante e arricchente per i visitatori e viaggiatori.

Se piattaforme di guide 'umane' quali (GetYourGuide, Klook, AirbnbExperiences, ecc.) sono già entrate nel mercato delle esperienze turistiche, IZI Travel si pone sul mercato come hub dinamico per guide multimediali, in cui migliaia di fornitori di contenuti possono creare guide multimediali per milioni di viaggiatori. Non intende sostituire con i propri servizi le spiegazioni fornite dalle guide umane, ma conquistare un nuovo mercato di miliardi di utenti che vogliono contenuti gratuiti (che non significa di bassa qualità dato che sul fronte della produzione può basarsi su un vasto numero di storytellers, anche istituzionali).

IZI travel ha già accumulato oltre 10.000 visite guidate gratuite in 2250 città in oltre 100 paesi e in 58 lingue, con un utilizzo di queste guide dichiarato in crescita del 100% l'anno.

Le storie sono in generale consultabili ovunque, non solo on-site, e possono essere condivise su altri media. Un museo può pertanto dividerle sui propri social media. Ai turisti e visitatori offre gratuitamente Storytelling in mobilità ("a new media for people on the move"), individuando il "gratuito" come elemento

---

<sup>13</sup> <http://izi.travel.it/app>

indispensabile di successo per le piattaforme di contenuti (così come Facebook, Twitter, YouTube, Instagram, Pinterest, Flickr, Medium, SoundCloud), di cui solo una è l'indiscutibile leader nella propria specializzazione.

Il business model prevede la distribuzione di compensi ai produttori, come pro-rata di utilizzo; tuttavia, a pagare non sono - come accennato in precedenza - i visitatori, ma città, aziende e istituzioni. I tour di Izi sono già disponibili in Maps.me e nell'assistente vocale russo Yandex - Alice. Si evidenzia che i tour potrebbero essere utilizzati (e integrati tramite le API predisposte) per i servizi globali di viaggi (Booking, Airbnb, Tripadvisor, Google Assistant o Apple Siri, etc.). È possibile creare diversi tipi di guide, per musei o per città, nonché giochi o cacce al tesoro. Un tour museale contiene non soltanto una selezione a tema di oggetti in esposizione, ma anche l'itinerario che il visitatore dovrà seguire per spostarsi tra i vari articoli e le varie sale. Un museo virtuale è strutturato in Collezioni e in Oggetti in esposizione; questi ultimi sono corredati da un testo descrittivo, un brano audio relativo all'oggetto in esposizione, una o più foto e opzionalmente da video e quiz. Sono possibili inoltre tour audio delle città. Il tour audio consiglia al turista un itinerario da seguire per visitare i punti più interessanti della città. Durante il percorso, l'audioguida riproduce dei brani audio relativi alle attrazioni turistiche situate nel punto in cui ci si trova; In alternativa, attivando la modalità "Passeggiata libera", il visitatore visualizzerà sulla mappa tutte le storie esterne (attrazioni turistiche) e potrà scegliere di ascoltarle selezionandole singolarmente, anche senza selezionare un tour specifico; attivando la funzione Autoplay, le storie verranno riprodotte automaticamente appena l'utente si troverà in prossimità di un'attrazione.

## 4.2 Dalle audioguide tradizionali alle applicazioni digitali

Sul fronte opposto alle piattaforme, quello dell'utente e del turista, iniziano ad essere disponibili soluzioni di nicchia che tuttavia hanno l'obiettivo di migliorare l'esperienza di visita degli utenti e di rimettere il turista al centro di uno spazio digitale integrato con quello fisico circostante. In questo ambito, i produttori di guide audio o multimediali, più o meno tradizionali, sono spesso imprese che lavorano al punto di convergenza tra tecnologie digitali e contenuti e che oggi sono i più attivi nel progetto evolutivo di tali prodotti, tradizionalmente nati per singoli musei, verso soluzioni più flessibili. Ad esempio, Acoustiguide<sup>14</sup>, azienda americana con uffici in diverse nazioni, attiva da decenni nel settore delle audioguide tradizionali e, ora, anche in forma di app. Antenna<sup>15</sup> è un'altra azienda che vanta clienti internazionali e che produce audioguide, app, guide multimediali, podcast, applicazioni interattive e contenuti unici per musei e istituzioni culturali. Offre soluzioni per app di visite guidate che possono essere fruite sia sui dispositivi multimediali ad-hoc (basati sul

---

<sup>14</sup> <http://www.acoustiguide.com>

<sup>15</sup> <http://www.antennainternational.com>

sistema operativo Android) di Antenna, sia per smartphone di proprietà dei visitatori. La soluzione offerta include un sistema online per la progettazione di tour (TourBuilder), un sistema di gestione remota dei tour e dei dispositivi (e.g. per aggiornamento dei dispositivi e dei contenuti) e una applicazione di reportistica per il monitoraggio delle visite. Tour-Mate<sup>16</sup>, azienda nordamericana che fornisce prodotti audio/video-guida in diverse forme (SW e HW), tra i propri servizi menziona anche un Content Management System che permette di creare app web o native in modalità drag&drop, in cui i contenuti possono essere attivati da diversi trigger (QR code, coordinate GPS, beacon Bluetooth).

In ambito italiano, DUVA<sup>17</sup> ha iniziato a lavorare nel settore delle audioguide nel 1959 e sviluppa ora esperienze digitali, con l'obiettivo di rafforzare il legame fra museo e visitatore con progetti "basati sulle capacità di coinvolgimento dei media digitali" e "sviluppati per trasformare l'interazione in esperienza", utilizzando ad esempio Storytelling audio e video, Virtualtour, giochi interattivi. Anche il gruppo Orpheo<sup>18</sup> realizza soluzioni tradizionali e soluzioni innovative per la visita di musei e luoghi culturali. Dal 1992, Orpheo ha installato le proprie guide multimediali e tecnologie mobili in oltre 5 mila siti culturali e museali.

Molti musei, progetti espositivi ed educativi e di fruizione delle collezioni si avvalgono oggi di applicazioni e strumenti digitali, mostrandone le potenzialità, ma talvolta anche il limitato impatto o apprezzamento, come anticipato al Capitolo 2.

#### 4.2.1 Guide di viaggio

Le applicazioni per la fruizione dei beni culturali si intersecano talvolta con le funzionalità delle app di pianificazioni viaggio. Google ha ritirato ad agosto 2019 la sua app Trips dedicata ai viaggi, ma sta incorporando gran parte delle funzionalità del servizio in Google Maps e nella Ricerca Google e nella pagina web alla pagina [google.com/travel](http://google.com/travel).

Guardando a tale tipologia di app, si menzionano ad esempio l'app Sygic Travel Map<sup>19</sup>, che offre mappe dettagliate online e offline e guide turistiche di oltre 10000 località e VisitACity<sup>20</sup>, entrambe con più di un milione di scaricamenti dallo store, con informazioni pratiche utili nei viaggi e proposte di tour e biglietti, che possono essere acquistati anche tramite tali app.

Anche World travel guide di Triposo<sup>21</sup> fornisce guide turistiche consultabili anche offline. Sono disponibili anche apps della stessa famiglia limitate a singoli nazioni o città. Fondata nel 2010, Triposo aveva fino a oggi raccolto 8,3 milioni

---

<sup>16</sup> <http://tourmate.com>

<sup>17</sup> <http://www.duva.eu>

<sup>18</sup> <http://orpheogroup.com>

<sup>19</sup> <http://www.sygic.com/travel>

<sup>20</sup> <http://www.visitacity.com>

<sup>21</sup> <http://www.triposo.com/travelguide>

di dollari di finanziamenti, con la sua app scaricata oltre 10 milioni di volte. Ma aveva fatto fatica a monetizzare i suoi utenti, decidendo così di cambiare approccio e vendere i suoi contenuti, attraverso delle interfacce Api, ad altri operatori turistici. Nel 2017 la startup italiana Musement ne acquisisce il 100% attraverso uno scambio azionario<sup>22</sup>. Su Triposo, che conserverà la sua identità da guida turistica, è ora possibile prenotare le attrazioni offerte da Musement. E Musement è arricchita dei contenuti di Triposo, accessibili anche alla sua clientela business come tour operator o compagnie aeree, che rappresenta un terzo circa del fatturato complessivo.

Tourblink<sup>23</sup> è un insieme di guide per città o musei che possono essere fruite durante una visita a piedi, anche offline e senza GPS. L'azienda invita a creare contenuti, ovvero a diventare 'Tourblinker'.

MyToursApp<sup>24</sup> è la piattaforma di un'azienda neozelandese per la realizzazione di app di tour guide, applicazioni che portano il brand del cliente. Ha acquisito nel 2017 7scenes, che era una piattaforma di storytelling, migrandone gli utenti a MyTours. Nel 2018 si è fusa con l'americana Oncell Systems Inc. Oggi. Il sito dell'azienda illustra molteplici esempi di applicazioni supportate dalla piattaforma e realizzate per clienti di diversi tipi (città, musei, operatori turistici, Campus universitari, parchi naturali, etc.)

PocketGuide<sup>25</sup> propone di acquistare degli audio tour, a costi di qualche Euro per articolo, relativi a 150 possibili destinazioni o attrazioni. Permette di creare facilmente un "video 3D" con il percorso del tour e foto o commenti dell'utente, per ricordo di viaggio e/o condivisione dell'esperienza. La realtà aumentata può essere utilizzata per offrire una visione dello spazio originario dell'opera, inteso come contesto storico e ambientale oppure per migliorare la segnalazione dei percorsi di visita e degli oggetti esposti, arricchendo la comprensione di cosa si sta guardando; talvolta per collocare opere mancanti o dettagli mancanti dove dovrebbero essere.

## 4.2.2 Social networks, condivisione ed emozione

Le azioni nell'ambito del programma H2020 per il programma 2014-2020 hanno sostenuto con un finanziamento dell'UE di circa 70 milioni di Euro tecnologie di modellazione 3D, ecosistemi di innovazione di musei virtuali e piattaforme social per la cultura. L'attenzione è stata principalmente rivolta ai temi della digitalizzazione avanzata, metodologie di accesso e analisi per una più ricca

---

<sup>22</sup> "Musement acquisisce Triposo, ora sarà anche guida turistica", Filippo Santelli, La Repubblica, 11 ottobre 2017. URL: [https://www.repubblica.it/rubriche/startup-stories/2017/10/10/news/musement\\_compra\\_triposo-177901585](https://www.repubblica.it/rubriche/startup-stories/2017/10/10/news/musement_compra_triposo-177901585)

<sup>23</sup> <http://www.tourblink.com>

<sup>24</sup> <http://www.mytoursapp.com/>

<sup>25</sup> <http://pocketguideapp.com>

interpretazione del passato. Tra i progetti finanziati<sup>26</sup> menzioniamo Pluggy. Il progetto sta prototipando una soluzione che si propone come piattaforma di social network per il patrimonio culturale, come un ambiente in cui cittadini, comunità del patrimonio e professionisti possano condividere le proprie mostre virtuali, oppure sfogliare le collezioni digitali e le narrazioni ideate dagli altri utenti. Attualmente in fase di completamento e beta testing nell'omonimo progetto H2020<sup>27</sup>, è costituita da un back-end progettato per la facile integrazione delle applicazioni, la scalabilità della piattaforma e il supporto di dispositivi specializzati (ad esempio AR/VR/tracker ecc.), compatibile con raccolte digitali online (Europeana, con la Collezione OnLine del British Museum) e altri social media.

Pluggy include uno strumento curatoriale per creare storie con narrazioni significative, risultanti in mostre virtuali su argomenti specifici e quattro diverse applicazioni:

- Una “augmented reality application” consentirà la fruizione di storie attraverso modelli virtuali e informazioni sovrapposte a live video streams.
- “3D audio application” permetterà la creazione e la riproduzione di narrazioni audio 3D all'interno di PLUGGY.
- La “collaborative game application” consentirà la creazione di videogiochi per sviluppare giochi collaborativi, senza che siano necessarie conoscenze di programmazione.
- La “geolocation application” renderà disponibili le storie di un luogo agli utenti quando saranno fisicamente vicini alle coordinate delle risorse.

La piattaforma implementerà infine metodi di intelligenza artificiale per il tagging semantico del suo contenuto e delle mostre virtuali, facilitando anche un modo automatico di creare musei virtuali raggruppando mostre virtuali.

Il progetto europeo EMOTIVE<sup>28</sup> ha l'obiettivo di ricercare, sviluppare e valutare metodi e strumenti in grado di supportare le industrie culturali e creative nella creazione di Musei Virtuali che attingano al potere dello storytelling emozionale al fine di coinvolgere i visitatori, migliorare la loro comprensione, immaginazione e, in ultima analisi, la loro esperienza di siti culturali e contenuti. EMOTIVE lo farà fornendo agli autori di prodotti culturali i mezzi per creare storie digitali di alta qualità, interattive e personalizzate. Nel progetto sono state sperimentate varie applicazioni, dalla mixed reality ad un chatbot che stimola il dialogo e la riflessione su temi complessi (ad esempio la morte, la ricchezza, l'uguaglianza di genere, la privacy) e, in ultima analisi, di sollecitare specifiche azioni pro-sociali da parte degli utenti coinvolti.

---

<sup>26</sup> “*Horizon 2020 Europe in a changing world - List of Reflective 6, Reflective 7 and CULTCOOP-8 projects*”, EUROPEAN COMMISSION, REA H2020 Unit B.3 - Inclusive, Innovative and Reflective Societies - 2017. URL: [https://ec.europa.eu/information\\_society/newsroom/image/document/2017-40/horizon\\_2020\\_reflective\\_6\\_and\\_7\\_cult-coop\\_8\\_booklet\\_docx\\_6A5226F0-BC06-300B-1CE937CFD2BBD851\\_47561.pdf](https://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2017-40/horizon_2020_reflective_6_and_7_cult-coop_8_booklet_docx_6A5226F0-BC06-300B-1CE937CFD2BBD851_47561.pdf).

<sup>27</sup> <https://www.pluggy-project.eu/>

<sup>28</sup> <http://emotiveproject.eu/>

L'idea alla base di Appripper<sup>29</sup> è quella di consentire ai visitatori di un museo o di una città italiana di entrare in una community e di condividere nei principali social network i propri diari emozionali, ottenuti attribuendo un "like emozionale", ovvero un'emozione diversa, ad ogni opera d'arte. Usando l'app è anche possibile generare un tour artistico in base all'emozione che si vuole vivere: Alla scelta di un sentimento (Estasi - Sorpresa - Gioia- Malinconia- Meraviglia - Amore- Paura- Rabbia), l'app risponde proponendo un tour mirato, guidando l'utente tra opere e luoghi all'80% free ticket. L'utente può pianificare il viaggio e salvare i punti d'interesse preferiti nel suo "Travel" e può postare commenti vocali sulla mappa della città, raccontando agli utenti quali posti vedere e ascoltare le emozioni degli altri viaggiatori. L'utente può consultare feedback e statistiche sulle preferenze degli altri visitatori, può ascoltare musica e usufruire di approfondimenti letterari. Dal punto di vista dei musei, questa app può permettere l'accesso a dati sull'esperienza dei visitatori che difficilmente sarebbe possibile reperire altrimenti. Una versione dell'app "ArtTripp Uffizi" è stata sviluppata appositamente per la Galleria degli Uffizi di Firenze, e permette al museo di suggerire percorsi meno comuni, con lo scopo di ampliare la conoscenza di opere meno famose. Essa integra inoltre un aspetto di gamification: dopo aver letto un testo di approfondimento, l'utente può rispondere a delle domande e, con certo numero di soluzioni corrette, sbloccare otto giochi.

---

<sup>29</sup> <http://www.appripper.org/>



# Capitolo 5

## Internet of Things

Henry Muccini

### 5.1 Introduzione

L'Internet-of-Things (anche denominato Internet-delle-cose nel linguaggio usuale e rappresentato dall'acronimo IoT) consiste nella interconnessione di migliaia di oggetti programmabili (things) che, lavorando insieme, collezionano dati da sensori fisici e virtuali, successivamente utilizzati per real-time ed offline analytics, machine learning, data visualization ed altre tecniche di data science.

L'espressione Internet-of-Things (IoT) è stata coniata nel 1999 da Kevin Ashton, un ingegnere inglese co-fondatore del centro Auto-ID<sup>1</sup> presso il Massachusetts Institute of Technology (MIT), in cui è stato creato il sistema standard per l'RFID e altri sensori. L'IoT nasce, di fatto, dal lavoro sviluppato intorno ai tag di radio frequenza (RFID), per poi espandersi su sensori ed attuatori, e una vastità di tecnologie di comunicazione, quali ZigBee, NFC, Bluetooth, ANT, DASH7, EnOcean [Links, 2015]. Il protocollo IPv6 ha reso possibile l'associazione di un indirizzo IP a ciascun dispositivo IoT, ed il supporto a protocolli quali 6LoWPAN, RPL, CoAP, ed MQTT come protocollo di natura publish-subscribe.

A livello operativo, l'Internet-of-Things è stato definito in molti modi diversi. In questo capitolo faremo riferimento alla definizione fornita da Robert Minerva, direttore dell'IEEE Internet of Things Initiative, che definisce l'IoT come “costituito da sensori di rete ed oggetti connessi il cui obiettivo è quello di misurare/controllare/operare in un ambiente in modo da renderlo intelligente, usabile, programmabile, e capace di fornire servizi utili agli individui” [Larrucea et al., 2017]. Tale definizione mette in evidenza gli aspetti operativi dell'IoT, e cioè il come l'IoT può essere utilizzato per il monitoraggio ed il controllo di ambienti (ed oggetti) per poi eseguire operazioni di attuazione. Utilizzeremo questa definizione in quanto più legata all'uso che si può fare dell'IoT, piuttosto che aspetti più hardware ed infrastrutturali.

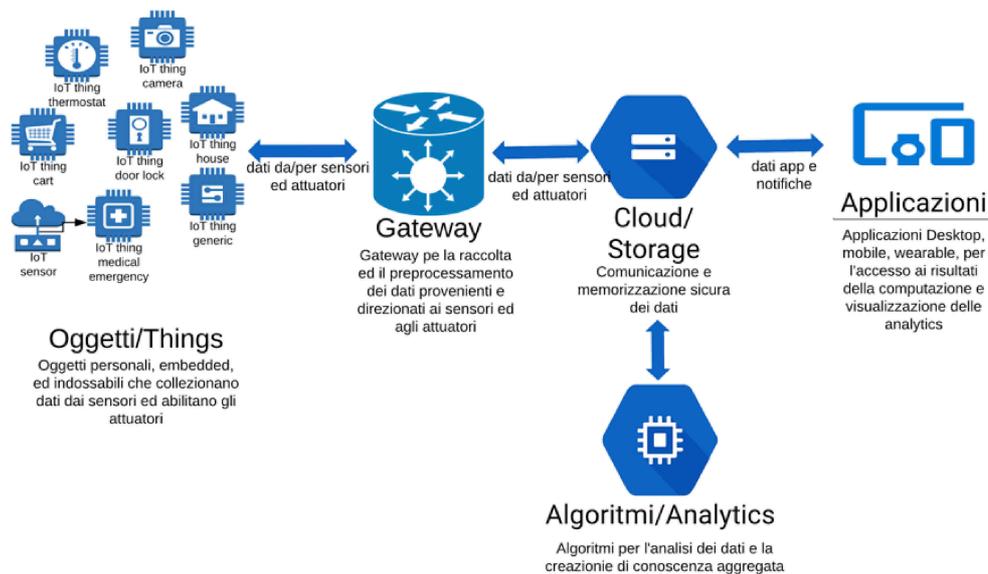
---

<sup>1</sup> <https://autoid.mit.edu/>

Alcuni guardano all'Internet-of-Things come la prossima *grande evoluzione digitale*, con impatti ancora più profondi di quanto lo sia stato Internet stesso [Links, 2015]. Infatti, l'Internet-of-Thing rappresenta il prossimo passo significativo nell'evoluzione di Internet. Mentre gli anni 70' ed 80' sono stati caratterizzati dalla connessione dei computer ad Internet, gli anni 90' e 00' dalla connessione delle persone alla rete Internet, l'era attuale vede la connessione di persone e cose (l'everything) alla rete Internet.

## 5.2 Background

Le componenti di una architettura di riferimento per l'Internet-of-Things (IoT) sono rappresentate in Figura 5.1.



**Figura 5.1:** Architettura di Riferimento per l'IoT

Partendo dalla sinistra, una tipica architettura di riferimento per l'IoT contiene le seguenti componenti:

- A. Un insieme di **oggetti** (i “things” dell'Internet-of-Things) collezionano dati di contesto tramite l'utilizzo di sensori e/o eseguono comandi (attuazioni) provenienti dalle componenti che gestiscono la logica del sistema. Gli oggetti possono essere di varia natura, da oggetti-sensori tradizionali (telecamere RGB/IR, RFID tag e reader, beacon BLE, sensori ambientali, sensori di presenza) a nuovi oggetti connessi che vanno dal salvadanaio intelligente,

al dispositivo per monitorare la data di scadenza delle uova, al dispenser di cibo per animali domestici, alla coperta intelligente<sup>2</sup> etc.;

- B. I dati collezionati dagli oggetti IoT vengono successivamente inviati a dei **gateway**, componenti che fungono da punto di connessione tra dispositivi IoT e cloud. E' proprio sui gateway che i dati vengono aggregati ed analizzati, prima di inviare dati aggregati sul cloud. Ciò permette di ridurre il volume di dati da inviare al cloud, minimizzando i tempi di risposta e costi di trasmissione sulla rete. Gli IoT Gateway sono anche gli strumenti che permettono di distribuire la computazione su nodi Fog, che permettono di spostare (parte) del calcolo, dei dati e dell'intelligenza verso la periferia della rete, come già discusso nel Capitolo 8;
- C. I dati vengono successivamente memorizzati, ed analizzati da appositi **motori di data analytics**. Seguendo il processo di "Big Data pipeline", tali dati, una volta acquisiti, vengono controllati e puliti da dati spuri, immagazzinati, ed eventualmente integrati [Gandomi and Haider, 2015]. Una fase di data analytics permette di creare nuova conoscenza (si veda Figura 5.2);
- D. Infine, i risultati della fase di data analytics vengono o **visualizzati agli utenti finali** su dispositivi mobili e/o stazionari, oppure utilizzati per **prendere ed attuare decisioni** tramite degli attuatori.

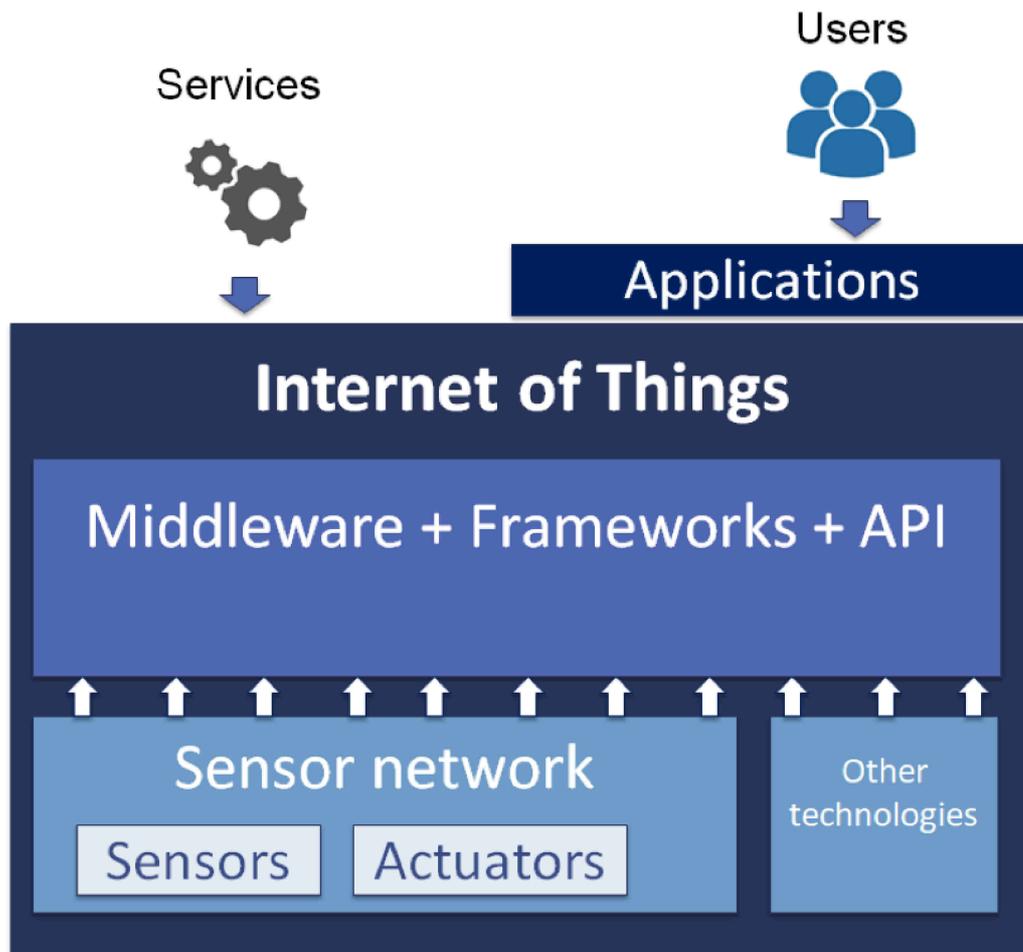


**Figura 5.2:** Processo di gestione ed analytics dei Big Data

La Figura 5.3 chiarisce, in modo semplice ed intuitivo, la differenza esistente tra le reti di sensore (SN) e l'IoT [Perera et al., 2013]. Mentre le SN comprendono la rete di sensori ed attuatori, il firmware, ed uno strato minimo di software, l'IoT comprende tutto ciò compreso dalle SN, ma anche uno spesso strato

<sup>2</sup> <https://www.fastweb.it/smartphone-e-gadget/gli-oggetti-piu-interessanti-dell-internet-of-things/>

software, che include middleware, frameworks, APIs e molte altre componenti software. Quindi, l'IoT si fonda ed espande il concetto di SN aggiungendo un importante livello software. Inoltre, mentre le SN sono state pensate, progettate e sviluppate per obiettivi ed applicazioni specifiche, l'IoT permette lo sviluppo di applicazioni general purpose, non vincolate a specifici contesti e domini.



**Figura 5.3:** Relazione tra le Sensor Network (WSN) e l'Internet-of-Things

Molte sono le piattaforme che possono essere utilizzate per sviluppare applicazioni IoT. Tra le piattaforme per sviluppare applicazioni complete per l'IoT possiamo citare Microsoft Azure IoT Hub, Amazon AWS IoT, Google Cloud IoT Core, ed IBM Watson<sup>3</sup>. Tali piattaforme sono general purpose, permettono di gestire l'intero stack di sviluppo IoT, e sono quindi molto potenti ma anche piuttosto complesse da utilizzare. Diversi *middleware* per IoT sono stati sviluppati al fine di fornire servizi di intermediazione tra gli "oggetti" e le applicazioni. Nello studio realizzato in [Ngu et al., 2016] gli autori distinguono tra Service-based IoT Middleware, Cloud-based IoT Middleware, ed Actor-

<sup>3</sup> Altre piattaforme sono discusse in <https://internetofthingswiki.com/top-20-iot-platforms/634/>

based IoT Middleware e descrivono middleware quali Hydra, GoogleFit, Xively, Ptolemy's Swarmelet, etc.

Tra le varie soluzioni IoT disponibili sul mercato, riportiamo nel seguito le due che, a nostro sapere, sono state anche utilizzate per soluzioni turistiche e di smart city: Km4City/Snap4City e Stack4Things.

Km4City/Snap4City (<https://www.km4city.org/> e <https://www.snap4city.org/>)

Km4City è una infrastruttura che colleziona moltissimi dati nel territorio della Toscana. Il suo uso si sta espandendo anche su Sardegna, ed altre aree nell'intorno del Lago di Garda. Altre aree possono essere aggiunte con uno sforzo limitato. I dati sono relativi a informazioni statiche ma anche real time: sensori di traffico, ambiente, pollinazione, parcheggi, cassonetti, bike sharing, triage ospedali, ciclabili, info mobilità, routing, social media, e molto altro. Km4City fornisce una gestione unificata di tutti questi dati (circa 300 milioni nella sola Toscana), permettendo l'accesso ai dati tramite Smart City API.

Snap4City è una soluzione che permette lo sviluppo rapido di applicazioni smart city complesse ed eterogenee. Snap4City è una soluzione basata su IT/IoE, data analytics e Big Data, e che integra Km4City. Da Snap4City si ha accesso a tutti i dati di Km4City inoltre a tutti i sistemi di sviluppo ed oltre 160 casi di test per imparare ad usare gli strumenti più avanzati per lo sviluppo di applicazioni IoT. Snap4City è 100% open source, fornisce micro servizi, supporta il GDPR, ed è conforme a più di 50 protocolli tra cui comunicazione end-to-end crittata.

Stack4Things (<http://stack4things.unime.it/>)

Stack4Things è un framework IoT OpenStack, sviluppato dal laboratorio "Mobile and Distributed Systems" all'Università di Messina. Stack4Things è un progetto open source che supporta la gestione di una flotta di dispositivi IoT senza doversi preoccupare della loro posizione fisica, configurazione di rete, e tecnologia. E' una soluzione basata su cloud che fornisce virtualizzazione, personalizzazione, ed orchestrazione.

Stack4Things fornisce le seguenti funzionalità: virtualizzazione degli oggetti (permettendo un accesso uniforme tramite interfacce REST), controllo remoto e personalizzazione (dal livello firmware a quello della logica di business), gestione di una flotta di oggetti IoT (esegui operazioni sull'intera flotta con un semplice click), e rete virtuale su cloud (installa applicazioni sugli oggetti IoT, come se fossero nella stessa LAN, e senza preoccupazioni di NAT/firewall).

Esempi di sistemi IoT già di comune uso sono molteplici: i lampioni "intelligenti" che adeguano la quantità di luce rispetto alle condizioni atmosferiche ed informano un centro operativo al fulminarsi dei bulbi; i sistemi di telecamere che, connesse alla rete, permettono di monitorare in qualsiasi momento, ciò che accade nelle nostre abitazioni, ed inviano automaticamente alerts nel caso di potenziali intrusioni; attuatori che accendono e/o spengono automaticamente i radiatori in abitazioni ed uffici, a seconda della temperatura, orario, presenze di persone; monitoraggio in ambito industriale, dove i macchinari si "auto-controllano" ed "auto-sincronizzano".

I domini applicativi di interesse per l'IoT sono pressochè infiniti, includendo applicazioni di monitoraggio industriale, smart building, sorveglianza e sicurezza, smart city, smart health, smart agrifood, pagamenti digitali, etc.

### 5.3 Internet of Things e Turismo Culturale

Prima di analizzare lo stato dell'arte nell'utilizzo dell'IoT per il turismo culturale, è importante capire il contesto di supporto digitale al turismo culturale e riportare alcuni dati sull'uso di strumenti digitali all'interno delle istituzioni museali italiane. Uno studio ISTAT del 2015 [ISTAT, 2015] mette in evidenza come, mentre la presenza degli istituti museali italiani sul web sia piuttosto diffusa (57,4%) come anche la partecipazione sui social (il 40,5% è presente su almeno uno dei principali social media), solo il 13,4% rende disponibile un catalogo digitale. Il 18,6% degli istituti offre ai visitatori connettività Wi-Fi gratuita tramite hotspot mentre solo il 6,6% utilizza Internet per consentire l'acquisto dei biglietti online. Solo il 9,1% mette a disposizione delle applicazioni per dispositivi mobili. L'analisi effettuata dall'Osservatorio Innovazione Digitale nei Beni e Attività Culturali (si veda anche il §2.2) sul proprio campione di musei nel 2016 mostra inoltre un'ulteriore spinta verso l'impiego dei social network: il 52% possiede un account e la maggiore presenza (51%) viene registrata su Facebook (51%); seguono Twitter (31%) e Instagram (15%) [Osservatorio Innovazione Digitale nei Beni e Attività Culturali, 2017]. Da quanto detto in precedenza, la digitalizzazione nell'ambito dei beni culturali, seppur ancora limitata in Italia, risulta essere in crescita.

Focalizzandoci ora sulle tecnologie IoT per il supporto al turismo culturale, l'analisi può essere indirizzata su due prospettive diverse: i) infrastrutture ed applicazioni di natura IoT già in uso per il supporto al turismo 4.0, ed ii) ambienti di sviluppo IoT utilizzati per la realizzazione di applicazioni per il turismo culturale.

#### Applicazioni di natura IoT

Il turismo smart basa il suo funzionamento sulla gestione, manipolazione e analisi dei Big Data per elaborare operazioni e servizi avanzati. L'innovazione nel settore turistico riguarda l'uso di dispositivi ed architetture *IoT per tracciare l'utente nei suoi movimenti nel tempo e nello spazio per poter offrire servizi più personalizzati*. Dal punto di vista della ricerca, da un lato vengono sviluppati *servizi di localizzazione* per gli utenti, dall'altra vengono ricercate metodologie per garantire un *alto livello di privacy* per far fronte all'enorme quantità di tracce che un turista smart lascia in rete e che lo rendono vulnerabile [Gretzel et al., 2015].

Tra queste applicazioni troviamo le **smart-map** che mettono a disposizione una serie di servizi personalizzati che, tra le altre cose, si adattano alla posizione dell'utente (localization, offerta anche da un'infrastruttura IoT). L'esperienza turistica è poi completata tramite l'uso di soluzioni di realtà aumentata.

In altri lavori, dispositivi IoT vengono utilizzati per *monitorare lo spazio circostante* e mettere a disposizione una grande quantità di informazioni da utilizzare per garantire un'esperienza personalizzata e mirata al turista [De Luca, 2018]. Forniamo nel seguito alcuni esempi concreti di applicazioni IoT per il Turismo 4.0:

### **Scenario 1: Parchi tematici**

I parchi tematici sono uno dei contesti in cui l'IoT ha avuto una grande applicazione nel turismo [Ahmadi, 1997]. L'obiettivo di tali sistemi è quello di analizzare il "tourism carrying capacity (TCC)" dei parchi tematici, ovvero, il numero massimo di persone che possono visitare una destinazione turistica allo stesso tempo, senza causare la distruzione dell'ambiente fisico, economico, e socio-culturale e senza una perdita di qualità nella soddisfazione del visitatore [World Tourism Organization, 1981]. I fattori che influenzano la TCC sono la soddisfazione del visitatore, il loro comportamento, i visitatori in arrivo, e fattori sociali [Zhang et al., 2017].

Si pensi, ad esempio, a Disneyland: tramite l'utilizzo di un bracciale MagicBands RFID, ed un investimento pari ad 1 miliardo di dollari, il colosso è riuscito a ridurre le code, distribuire meglio i flussi tra le varie attrazioni, ed aumentare le vendite di souvenir e prodotti da bar del 15% (le persone non in fila hanno avuto la possibilità di girare ed acquistare) [Fox News, 2016].

### **Scenario 2: Code nei musei**

Il turismo culturale ha avuto un incremento, nel 2017 in Italia, pari al 9% rispetto ai valori dell'anno precedente. In generale, il turismo culturale in Italia conta più di 50 milioni di presenze all'anno. Un problema sempre più pressante è però quello della sostenibilità del turismo stesso. Appena 20 su 4.976 musei Italiani, attraggono 1/3 della totalità dei visitatori. L'effetto collaterale è quello di super affollamenti e lunghe code per accedere a tali musei. Come mostrato nella Figura 5.4, i tempi di attesa medi in alcuni musei italiani sfiorano le due ore, con picchi di attesa che possono arrivare a svariate ore.

L'uso dell'IoT sta permettendo di studiare i comportamenti dei visitatori, i loro tempi di visita, i tempi di attesa in coda, gli orari di massimo accesso al museo, e correlare tali informazioni con il meteo, l'arrivo di flussi relativi a visite organizzate, etc.

Un esempio di tale applicazione è quanto si sta realizzando, in modo sperimentale, presso la Galleria degli Uffizi di Firenze, dove l'uso di tag e lettori RFID, informazioni provenienti da telecamere, lettori barcode e QRcode, tornelli e chioschi digitali, stanno permettendo la raccolta di dati successivamente analizzati per creare un modello previsionale del flusso, successivamente utilizzato da un modello di ottimizzazione, per identificare il numero massimo di accessi permesso per slot di quindici minuti..



Figura 5.4: Tempi di attesa in coda in alcuni musei europei

### Scenario 3: Sistemi di raccomandazione per le visite

Spesso accade che i visitatori non abbiano il tempo o le informazioni per pianificare propriamente le proprie visite presso musei, fiere, o eventi di grandi dimensioni. Le tecnologie IoT vengono in aiuto di tali visitatori fornendo sistemi contestualizzati di raccomandazione per le visite, che permettano di capire quale sia l'opera in prossimità, il tempo previsto di visita di un'area espositiva, quali eventi visitare in un macro evento distribuito.

L'uso integrato di "indoor positioning e navigation", l'uso di contenuti digitalizzati, la gestione di percorsi tematici, e l'integrazione di funzionalità di social network sono discussi in molti lavori scientifici [Rubino et al., 2013, Alletto et al., 2015]. Le soluzioni proposte contemplano l'uso di Beacons e Wi-fi, nonchè tecniche di image matching, ultrasuoni, e qualsiasi source di informazioni contestualizzate. Le tecnologie e gli ambienti di sviluppo per indoor positioning e navigation sono inoltre i più disparati. Il concetto di contesto è chiave, e vari approcci sono stati presentati a tal fine [Suppa and Zimeo, 2016].

Esempi di tali applicazioni si trovano presso il Groninger Museum in Olanda, il New Museum a New York, il Sydney Art Project.

## 5.4 Conclusioni e sfide aperte

Molte sono le sfide aperte e le barriere che si frappongono tra l'IoT ed il suo successo.

Gartner, nel suo report [Ganguli and Friedman, 2017], riporta le maggiori carenze dell'IoT. La security viene considerata dal 35% dei partecipanti alla survey "Internet of Things Backbone Survey" come la barriera principale al

successo dell’IoT, con privacy (25% dei partecipanti) e rischi e responsabilità legali al terzo posto. La complessità nello sviluppo ed integrazione di applicazioni IoT è considerato un altro grosso vincolo (29% dei partecipanti). Il 21% mette in evidenza l’immaturità tecnologica.

IEEE Software, nella prefazione alla theme issue su “Software Engineering for the Internet of Things” [Larrucea et al., 2017], riporta un insieme di problemi tecnici e economici, quali il garantire il soddisfacimento delle necessità degli utenti, mancanza di skill appropriati, variabilità nei costi di manutenzione, ed implicazioni sociali (relative all’uso dei dati collezionati dagli oggetti IoT). Una lista di sfide per il futuro vengono anche proposte in [Taivalsaari and Mikkonen, 2017]. Applicazioni IoT sono multi-device, reattive e sempre operative, eterogenee, distribuite ed altamente dinamiche, nonché fault tolerant.

Tutte queste criticità rappresentano le nuove sfide tecnologiche per l’IoT.

## Riferimenti bibliografici

- [Ahmadi, 1997] Ahmadi, R. H. (1997). Managing capacity and flow at theme parks. *Operations research*, 45(1):1–13.
- [Alletto et al., 2015] Alletto, S., Cucchiara, R., Del Fiore, G., Mainetti, L., Mighali, V., Patrono, L., and Serra, G. (2015). An indoor location-aware system for an iot-based smart museum. *IEEE Internet of Things Journal*, 3(2):244–253.
- [De Luca, 2018] De Luca, V. (2018). Gamification, iot e territorio. strumenti e piattaforme di apprendimento per la sostenibilità. *MD Journal*, 5:130–139.
- [Fox News, 2016] Fox News (2016). How Disney manages its legendary lines.
- [Gandomi and Haider, 2015] Gandomi, A. and Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35(2):137 – 144.
- [Ganguli and Friedman, 2017] Ganguli, S. and Friedman, T. (2017). Iot technology disruptions: A gartner trend insight report.
- [Gretzel et al., 2015] Gretzel, U., Sigala, M., Xiang, Z., and Koo, C. (2015). Smart tourism: foundations and developments. *Electronic Markets*, 25(3):179–188.
- [ISTAT, 2015] ISTAT, S. (2015). I musei, le aree archeologiche e i monumenti in italia.
- [Larrucea et al., 2017] Larrucea, X., Combelles, A., Favaro, J., and Taneja, K. (2017). Software engineering for the internet of things. *IEEE Software*, 34(1):24–28.
- [Links, 2015] Links, C. (2015). The internet of things will change our world. *ERCIM News Special Issue on The Internet of Things and The Web of Things*, 101(3):76.
- [Ngu et al., 2016] Ngu, A. H., Gutierrez, M., Metsis, V., Nepal, S., and Sheng, Q. Z. (2016). Iot middleware: A survey on issues and enabling technologies. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1):1–20.
- [Osservatorio Innovazione Digitale nei Beni e Attività Culturali, 2017] Osservatorio Innovazione Digitale nei Beni e Attività Culturali (2017). Il 52% dei musei Italiani è social ma i servizi digitali per la fruizione delle opere sono limitati.
- [Perera et al., 2013] Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., and Georgakopoulos, D. (2013). Context aware computing for the internet of things: A survey. *IEEE communications surveys & tutorials*, 16(1):414–454.
- [Rubino et al., 2013] Rubino, I., Xhembulla, J., Martina, A., Bottino, A., and Malnati, G. (2013). Musa: Using indoor positioning and navigation to enhance cultural experiences in a museum. *Sensors*, 13(12):17445–17471.
- [Suppa and Zimeo, 2016] Suppa, P. and Zimeo, E. (2016). A context-aware mashup recommender based on social networks data mining and user activities. In *2016 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, pages 1–6. IEEE.

- [Taivalasaari and Mikkonen, 2017] Taivalasaari, A. and Mikkonen, T. (2017). A roadmap to the programmable world: software challenges in the iot era. *IEEE Software*, 34(1):72–80.
- [World Tourism Organization, 1981] World Tourism Organization (1981). Saturation of tourist destinations: Report of the Secretary General.
- [Zhang et al., 2017] Zhang, Y., Li, X. R., Su, Q., and Hu, X. (2017). Exploring a theme park’s tourism carrying capacity: A demand-side analysis. *Tourism Management*, 59:564–578.

## Capitolo 6

# Context-aware computing

Francesco Colace, Massimo De Santo, Marco Lombardi, Eugenio Zimeo

«Progetta sempre una cosa considerandola nel suo più grande contesto, una sedia in una stanza, una stanza in una casa, una casa nell'ambiente, l'ambiente nel progetto di una città.» *Eliel Saarinen*

### 6.1 Introduzione

Negli ultimi anni, la pervasività delle tecnologie digitali ha fatto in modo che i sistemi tradizionali per la gestione dei dati e quelli per la raccomandazione dei servizi lasciassero il posto a sistemi sofisticati, in grado di integrare dati e servizi estratti da sorgenti multiple ed eterogenee al fine di esporre informazioni a valore aggiunto attraverso diverse forme di applicazioni.

Siamo ormai abituati a fruire di una quantità inimmaginabile di informazioni anche in contesti di mobilità, ma è concreto il rischio che tale abbondanza generi confusione. Ecco perché è importante la capacità delle applicazioni di filtrare i dati e i servizi in base al contesto e di modellare a priori i possibili scenari d'uso. Questa modellizzazione rappresenta un aspetto abilitante per i nuovi sistemi di informazione: i sistemi mobile, i sistemi a uso intensivo dei dati (Big Data), i sistemi peer-to-peer e, in generale, il Web semantico. La continua produzione di dati da cui poter inferire informazioni e nuova conoscenza rappresenta una delle più importanti caratteristiche della società moderna in cui viviamo. La ragione di questa "valanga informativa" è dovuta, in gran parte, al proliferare di dispositivi che hanno un ruolo attivo (i sensori e, in generale, tutti quegli oggetti definiti "smart"), rendendosi riconoscibili, comunicando tra di loro e realizzando una rete altamente pervasiva che è alla base del nuovo paradigma dell'Internet of Things (IoT), quell'ecosistema grazie al quale le applicazioni "consapevoli del contest" esistono.

Infatti, nella gestione delle informazioni, questi sistemi sono principalmente dedicati nel determinare quale parte dell'intera informazione è rilevante con rispetto delle condizioni ambientali, permettendo di offrire all'utente una vasta

gamma di servizi che lo aiutano nella vita quotidiana, lavorativa o privata, per gestire al meglio le risorse di cui dispone, come il tempo a sua disposizione.

L'e-Tourism è uno tra i domini applicativi maggiormente investigati nell'ambito del context-aware computing, in quanto un cambiamento del contesto provoca una trasformazione dell'esperienza che sta per essere vissuta. Grazie alle nuove tecnologie infatti un turista è in grado di accedere a grandi quantità di contenuti e servizi prima, durante e dopo la sua esperienza di visita, avendo finalità e requisiti differenti in ciascuna fase.

## 6.2 Background

### 6.2.1 Filtrare il sovraccarico cognitivo nel mondo digitale

Oggi qualunque oggetto può acquisire un ruolo attivo grazie al collegamento alla Rete e, nella visione dell'Internet delle cose, è in grado di contribuire alla creazione di un sistema pervasivo e interconnesso avvalendosi di molteplici tecnologie di comunicazione. Questo nuovo scenario offre innumerevoli vantaggi, prima fra tutti la possibilità per gli utenti finali di fruire di quantità a priori inimmaginabili di informazioni anche in contesti di mobilità. Tuttavia, questa ampia disponibilità di risorse può in molti casi produrre sovraccarico cognitivo (il cosiddetto "information overload"). Le informazioni ricevute dall'utente sono così numerose da generare "rumore", che può confondere e ridurre la capacità di prendere decisioni. Questo fenomeno è spesso legato all'incapacità dei software usati dagli utenti di filtrare o evidenziare dati e funzionalità che sono rilevanti per un particolare scenario applicativo.

Il concetto di contesto non ha una definizione rigorosa e, nel corso degli anni, sono state date numerose e differenti interpretazioni del suo significato. Tale concetto ricopre infatti un ruolo importante in molteplici discipline diverse tra di loro, quali ad esempio la psicologia, la linguistica e l'informatica, e in ognuna di queste può assumere un significato differente, più calzante per la sua applicazione.

Nello specifico campo dell'informatica, i primi ad aver dato una definizione di "context" furono Schilit e Theimer, all'interno del loro lavoro riguardo al "distributed mobile computing" [Schilit and Theimer, 1994]. La loro interpretazione si applicava al problema della "location awareness" in ambiente d'ufficio. La definizione del contesto comprendeva i luoghi e le identità delle persone, così come lo stato degli oggetti all'interno dell'ambiente.

Questo concetto è stato ripreso, tra gli altri, da Pascoe che prendeva in considerazione caratteristiche ambientali come, ad esempio, la descrizione delle condizioni metereologiche attuali [Pascoe et al., 1999]. Tale definizione venne successivamente rimarcata da Schmidt et al. che presentarono il concetto di contesto per includere, oltre alle condizioni ambientali, anche le informazioni sui dispositivi, sugli utenti e sulle loro attività.

Chen e Kotz hanno sottolineato poi l'importanza di parametri temporali come un orario, un giorno della settimana o una stagione dell'anno [Chen and Kotz, 2000]. Infine, una definizione del contesto più precisa e largamente utilizzata nel campo dell'informatica è stata data da Dey e Abowd, come segue:

*«Il contesto sono tutte quelle informazioni che possono essere utilizzate per caratterizzare la situazione di un'entità. Un'entità è una persona, un luogo o oggetto che viene considerato pertinente per l'interazione tra un utente e un'applicazione, compreso l'utente e le applicazioni stesse» [Dey, 2001]*

La definizione del contesto di Dey e Abowd, data la forte astrazione, è difficile da sviluppare nel concreto senza una classificazione o senza un sistema di modellazione. Da questo presupposto, nasce un moderno approccio di definizione del contesto e di una sua suddivisione in aspetti principali che segue un metodo informale di raccolta d'informazioni prevalentemente usato dai giornalisti per riportare i fatti: "5W+1H method" (Who, What, Where, When, Why, How). Per esempio:

- Chi è che stiamo cercando di identificare? Chi sta usando la nostra applicazione? L'aspetto "who" si riferisce all'identità dell'utente, una delle principali categorie del contesto. Anche se viene utilizzato spesso come l'identità di un singolo utente, questo concetto può estendersi ad altre persone che possono essere di interesse per la situazione dell'utente, ad esempio gli amici in una rete sociale, persone localizzate nelle vicinanze o altri utenti della stessa applicazione;
- Cosa fa l'utente? L'aspetto "what" si riferisce all'attività, un'altra categoria chiave per molti modelli di contesto;
- Dove è l'utente? Dove è il dispositivo o l'oggetto? La posizione (o "where") è di gran lunga l'aspetto più popolare del contesto;
- Quando l'utente compie una determinate azione? Per quanto tempo? Il contesto temporale è stato recentemente esplorato alla ricerca di modelli e di routine nella vita quotidiana delle persone. L'aspetto "when" è spesso legato a cambiamenti nelle altre categorie che caratterizzano il contesto;
- Perché l'utente compie una determinate azione? Perché l'utente è qui? Molto simile all'aspetto "when", l'aspetto "why" è correlato ad altre categorie, ad esempio ci si domanda: Perché questa attività o posizione? Questo è forse il più complesso aspetto del contesto da analizzare, siccome bisogna considerare il significato dell'azione, intenzione o emozione. Il contesto emotivo, in particolare, non è facile da interpretare.

Una profonda comprensione del contesto è essenziale per scegliere o progettare il modello giusto. Infatti, la mancanza di un approccio uniforme per la modellazione delle informazioni associate al contesto, rende difficile comprendere a fondo le esigenze che devono essere prese in considerazione al momento di proporre l'adozione di un modello di contesto sulla base dei suoi punti centrali.

## 6.2.2 Rappresentazione del Contesto

Rappresentare in modo efficace un concetto astratto come il contesto può essere complicato quasi quanto darne una definizione precisa. Nei progetti context-aware sviluppati nel corso degli anni sono stati proposti e utilizzati diversi modelli che cercano di catturare quantitativamente le caratteristiche rilevanti del contesto per metterle a disposizione delle successive fasi di elaborazione. Anche se queste soluzioni sono progettate solitamente per un particolare ambito e utilizzano approcci molto differenti tra loro, è stato possibile comunque individuarne alcune caratteristiche comuni:

- la suddivisione del contesto in dimensioni o attributi che individuano gli elementi di funzionamento rilevanti del sistema come, ad esempio, tempo, posizione, temperatura, ecc.;
- la possibilità di misurare le varie dimensioni definendo grandezze, unità di misura e range di valori ammissibili.

Un modello chiamato “Context Space” associa a ogni caratteristica rilevante del contesto - “context attribute” - una dimensione, formando uno spazio multidimensionale che rappresenta tutte le possibili situazioni in cui si può trovare il sistema [Dominici et al., 2012]. Il contesto corrente, definito dai valori assunti dagli attributi, può essere rappresentato come un punto geometrico in questo spazio. Questo modello, oltre a essere molto intuitivo, permette di utilizzare strumenti geometrici come traiettorie e distanze per effettuare ragionamenti e operazioni sul sistema. Uno dei limiti maggiori di questo approccio, che ne condiziona la capacità espressiva, consiste nell’impossibilità di ordinare le dimensioni in modo gerarchico o con una topologia, in netto contrasto con i modelli ontologici e, in generale, con i modelli di organizzazione della conoscenza.

Un altro modello, largamente utilizzato e di forte interesse, è il Context Dimension Tree: un albero composto da una terna  $\langle r; N; A \rangle$  dove, con  $r$  si indica la sua radice, con  $N$  si rappresenta l’insieme di nodi di cui è composto e con  $A$  l’insieme di archi che uniscono questi nodi [Rauseo et al., 2011]. Il CDT viene utilizzato per poter rappresentare, in maniera grafica, tutti i possibili contesti che si possono avere all’interno di un’applicazione. Il contesto corrente, definito dai valori assunti dalle varie dimensioni, può essere rappresentato come un sottografo in cui a ogni nodo dimensione è abbinato al più un nodo valore o parametrico: esso è definito come una AND tra diversi “context elements”. L’adozione di una struttura gerarchica quindi consente, oltre a separare ortogonalmente le varie dimensioni del contesto, anche di utilizzare diversi livelli di astrazione per specificare e rappresentare tutti i contesti possibili e ammissibili in un determinato dominio applicativo [Colace et al., 2017a].

Diverse sono le dimensioni contestuali che possono essere impiegate per definire un contesto:

- il *contesto fisico*: riguarda informazioni relative all'ambiente fisico, quali la localizzazione geografica (latitudine, longitudine e altitudine), la temperatura, l'umidità, il rumore e la luce;
- il *contesto temporale*: riguarda informazioni di natura temporale che possono condizionare un sistema;
- il *contesto sociale*: riguarda l'interazione diretta o indiretta di un'entità con persone o oggetti presenti nell'ambiente fisico o virtuale;
- il *contesto computazionale*: riguarda le risorse disponibili per il sistema, quali le risorse di calcolo, la banda di comunicazione, le risorse di *storage*, etc.;
- il *contesto storico*: riguarda i dati storici che possono condizionare la interpretazione di un'informazione o il funzionamento di un sistema;
- il *profilo*: riguarda le preferenze di un'entità per le diverse dimensioni contestuali.

### 6.2.3 Context-aware Computing

Come per la definizione di contesto anche il context-aware computing è stato trattato e introdotto per la prima volta da Schilit e Theimer nel 1994:

*«Il software context-aware si adatta in base alla posizione di utilizzo, alla raccolta di dati da persone vicine e ai dispositivi accessibili, così come alle modifiche a tali cose nel tempo.» [Schilit et al., 1994]*

A partire da questa definizione ci sono stati svariati tentativi di definire il context-aware computing, ma la maggior parte di questi sono stati tentativi troppo specifici e anche questi troppo difficili da utilizzare nel concreto. A tal proposito, Dey fornisce una definizione più generica e adatta all'uso pratico:

*«Un sistema viene definito context-aware se utilizza il contesto per fornire informazioni e/o servizi rilevanti all'utente, dove la rilevanza dipende dalle preferenze dell'utente e dai compiti che esso deve svolgere.» [Dey, 2001]*

Il context-aware computing descrive lo sviluppo di tecnologie e applicazioni capaci di rilevare dati dal contesto circostante e di reagire di conseguenza con determinate azioni, riducendo e semplificando il processo di interazione uomo-macchina. La context awareness quindi dev'essere intesa come un insieme di feature tecniche in grado di dare valore aggiunto a dati e servizi in differenti segmenti applicativi.

### 6.2.4 Applicazioni context-aware

Negli ultimi anni, il concetto di contesto è stato esteso a tutti gli aspetti che caratterizzano l'utente in relazione alle funzionalità che un sistema informativo è in grado di erogare. Per questo motivo, sono stati proposti dei modelli di contesto sofisticati e generali, per supportare applicazioni context-aware,

che li utilizzano ad esempio per: adattare le interfacce, ritagliare su misura una serie di dati rilevanti per l'applicazione [Orsi et al., 2011], aumentare la precisione del recupero di informazioni, scoprire servizi e comporre servizi [Furno and Zimeo, 2014], rendere implicita l'interazione dell'utente, creare ambienti intelligenti [Lombardi et al., 2019] [Giallonardo et al., 2019].

Si consideri l'esempio di supporto automatizzato per i visitatori di musei, dotati di un dispositivo mobile che reagisce a un cambiamento di contesto: adattando l'interfaccia utente secondo le abilità differenti del visitatore; fornendo contenuti informativi differenti basati sui diversi profili e interessi dei visitatori (studenti, giornalisti, archeologi, ecc.) e sulla stanza in cui si trovano attualmente; apprendendo, in base alle precedenti scelte effettuate dal visitatore, a quali informazioni sarà interessato in seguito; fornendo servizi adeguati, ad esempio per acquistare il biglietto per una mostra temporanea o per prenotare un posto per la prossima mostra sulla vita dell'autore preferito; derivando l'informazione sulla posizione da sensori che rilevano l'ambiente utente; fornendo funzioni attive all'interno delle varie aree del museo, che indicano ai visitatori una serie di suggerimenti e stimoli su quanto sta accadendo in ogni particolare ambiente [Casillo et al., 2017a].

### **6.3 Context-aware computing nell'e-Tourism**

Il mercato del turismo culturale sta evolvendo verso una dimensione di un completo soddisfacimento dei bisogni del turista, valorizzando da un lato la centralità dell'aspetto culturale all'interno di un'esperienza di viaggio a 360 gradi e dall'altro una maggiore attenzione nella scelta del proprio "percorso di vacanza", corredato, in accordo al contesto, di tutti i servizi necessari (trasporto, ristorazione, ecc.). Il turista mostra inoltre una crescente esigenza di svolgere un ruolo attivo e partecipativo nell'esperienza turistica, integrando i contenuti culturali della visita con i contenuti personali auto-generati e condividendoli con la "comunità" [Colace et al., 2017b].

La distribuzione virale delle informazioni, le profonde modifiche del percorso decisionale del viaggiatore e l'ampliamento degli strumenti di conoscenza disponibili per tutti gli utenti connessi sono oggi più che mai le principali leve del cambiamento.

A tal proposito, l'applicazione delle tecnologie context-aware permette di offrire servizi alla base dell'e-Tourism, in grado di supportare gli utenti, le istituzioni pubbliche e gli operatori del settore, attraverso la raccomandazione real-time automatica, adattativa e dinamica di servizi "core" e "ancillari" per la promozione turistica [Colace et al., ].

L'Italia, ad esempio, ha un patrimonio culturale che spesso non riesce ad essere completamente valorizzato. Le risorse naturali, artistiche e culturali presenti in molte città, soprattutto nelle più piccole, molte volte rimangono nascoste ai turisti. Questo problema diventa ancora più rilevante quando il turista ha poco tempo per visitare una città. Pensiamo, ad esempio, ad alcuni passeggeri

di una crociera che in poche ore devono visitare un luogo a loro sconosciuto. Il problema nasce anche per quelle persone che, per lavoro, vivono un'esperienza temporanea in una città [Casillo et al., 2017b].

Dove mangiare? Cosa vedere? Come muoversi? Queste sono le tipiche domande che un utente del genere si pone quando si trova in una stazione, in un aeroporto o in un porto. Se nelle grandi città ci sono itinerari precostituiti che possono essere facilmente reperiti dai turisti, questo non è sempre vero nelle città di piccola o media dimensione che, anche avendo un patrimonio culturale importante, spesso rischiano di non valorizzarlo completamente.

Consideriamo uno scenario turistico nel quale un'applicazione per dispositivi mobili assiste i viaggiatori fornendo contenuti su attrazioni e servizi disponibili nelle aree visitate. Per selezionare contenuti personalizzati, l'app può tener conto prima di tutto della posizione corrente dell'utente, mentre un altro aspetto importante riguarda le sue preferenze sulle attività che intende svolgere (cinema, teatro, concerti) e sui mezzi di trasporto dei quali eventualmente potrebbe aver bisogno (bus, auto, treno). Per poter proporre esperienze e servizi adeguati, può inoltre essere utile sapere se l'utente viaggia solo, in coppia, in famiglia, con un gruppo di amici, o se ha difficoltà motorie. Questi sono solo alcuni esempi di dati relativi al contesto nel quale il viaggiatore è immerso, che possono aiutare a selezionare e ritagliare in modo opportuno le informazioni e le funzionalità dell'applicazione.

Entrando nel dettaglio di un'applicazione che trae beneficio dalla consapevolezza del contesto, si possono immaginare due specifiche funzionalità: un "Cicerone smart" e la creazione di un itinerario di visita personalizzato e dinamico.

Usando come modello di riferimento i Ciceroni di Roma, il "Cicerone smart" mira a simulare tutte quelle funzioni necessarie a raccontare il territorio che un potenziale turista sta visitando. L'obiettivo principale è di invogliarlo alla visita, attraverso il racconto, segnalandogli nuovi punti di interesse proprio nel momento in cui si muove.

Una funzionalità di questo tipo esplora la possibilità di utilizzare tecniche di narrazione digitale ("digital storytelling") in combinazione con quelle alla base del context-aware computing per controllare l'evoluzione e la presentazione di informazioni all'utente sulla base di diversi tipi di contesto [Casillo et al., 2019]. Si può implementare, in questo modo, una moderna guida turistica che consente l'erogazione dinamica di differenti contenuti narrativi (testuali e multimediali) opportunamente integrati, non necessariamente predeterminati e aderenti alle esigenze e ai comportamenti dinamici degli utenti. Il racconto digitale può comprendere: informazioni sul luogo di visita (principali caratteristiche e notizie storiche), ad esempio la storia narrata in prima persona da chi ospita (ricordi, autobiografia, tradizioni familiari) e le storie vissute o ambientate nei luoghi in cui si viene ospitati (romanzi, leggende, canzoni, film, episodi storici); punti di interesse specifici per l'utente, filtrati per categoria e con approfondimenti multimediali; esperienze vissute da altri utenti, come testimonial autentici della propria destinazione [Clarizia et al., 2017b].

I turisti che visitano luoghi di interesse culturale potrebbero essere coinvolti nella realizzazione di nuove risorse digitali (racconti/commenti, immagini e video) che, stimolate, raccolte e incorniciate nel modo migliore, contribuiranno ad arricchire lo sviluppo di nuove storie personali e coinvolgenti. In questo modo, ciascun turista, concluso il proprio viaggio, avrà la possibilità di portare con sé e condividere sui social un ricordo dell'esperienza vissuta, attraverso un racconto digitale che includa le tappe principali.

Per la realizzazione invece di un itinerario di visita personalizzato e dinamico in accordo al contesto e agli utenti, le tecniche context-aware si rendono utili per: pianificare l'itinerario di viaggio turistico, personalizzabile in pochi passaggi, e facilitare i trasporti (durante questa prima fase, l'utente può "pre-gustare" le varie tappe che compongono l'itinerario proposto, ricevendo informazioni dettagliate sulle attività che si vogliono intraprendere); organizzare visite nei musei o nei luoghi d'arte, preferibilmente senza fare code e con sconti personalizzati; ripianificare l'itinerario dinamicamente in base al contesto e al comportamento degli utenti (servizi automatici di "Travel Assistant" in grado di suggerire azioni da intraprendere e modifiche da apportare all'itinerario); promuovere la scoperta di luoghi "insoliti" caratterizzati da straordinaria bellezza, da elevata valenza culturale e da un'immensa ricchezza enogastronomica, massima espressione ad esempio del "made in Italy" particolarmente rilevante all'estero.

## 6.4 Tecnologie abilitanti

Uno dei più diffusi strumenti nel progresso del context-aware computing è rappresentato dal dispositivo mobile, dallo smartphone fino ai dispositivi indossabili ("wearable"). La sua enorme popolarità e permeazione nella vita di ogni giorno, insieme ad un hardware sempre più sofisticato, ha notevolmente aumentato il potenziale della context awareness nel mondo.

L'elevata mobilità di questi dispositivi è alla base dell'idea del mobile context-aware computing, dove il rilevamento del contesto e la reazione a quest'ultimo sono attivati dal dispositivo stesso. Infatti, si tratta spesso sia di un sistema di elaborazione sia di uno strumento in grado di rilevare direttamente parametri contestuali, essendo comunemente dotato ad esempio di sensori di movimento, di posizione e biometrici [Clarizia et al., 2017a].

Nel moderno ambiente tecnologico, gli utenti di dispositivi mobili si sono abituati alla connessione di rete sempre attiva ("always on"), sfruttando connessioni più veloci per l'uso di servizi come e-mail, calendari sincronizzati e Application Programmable Interface (API) online. Questi sensori virtuali possono esporre il dispositivo mobile a ulteriori fonti di dati come, ad esempio, social network, preferenze dell'utente, tag nelle fotografie e brani musicali. La fusione di queste fonti con i tradizionali sensori fisici, ad esempio il GPS, può consentire una migliore inferenza del contesto e, successivamente, una più ampia gamma di applicazioni mobili. Inoltre, il vertiginoso aumento della popolarità

di app offerte dall'App Store di Apple e dal marketplace Android sta a indicare che il business degli applicativi mobile è in continua crescita.

Molti dei servizi mobile sensibili al contesto attualmente disponibili sono limitati a essere "location-based". Essi si concentrano, infatti, principalmente sulla posizione dell'utente, sull'interazione con il dispositivo e su una serie di servizi che la geolocalizzazione può consentire, come ad esempio la navigazione. Come si è discusso, la posizione è una caratteristica fondamentale del contesto, ma non l'unica, e questo è ancora più evidente con la crescente gamma e diversità dei dati disponibili per il tipico dispositivo mobile.

I nostri smartphone raccolgono dati contestuali da anni attraverso la rete o utilizzando i propri sensori, come i giroscopi per rilevare i movimenti, e sfruttano i dati basati sulla posizione per alimentare molte delle app che usiamo quotidianamente, da Google Maps fino al più recente Uber.

Parte della sfida è che i dati non uniformi provenienti da fonti eterogenee possono essere difficili da elaborare in un singolo sistema. I dati infatti possono essere archiviati nei formati più disparati o utilizzare una sintassi diversa che può creare problemi di disambiguazione, che potrebbero condurre a una loro errata interpretazione. Fortunatamente, mentre abbiamo accesso e creiamo contemporaneamente più dati che mai, abbiamo anche la possibilità di utilizzare strumenti come l'intelligenza artificiale (AI) e l'apprendimento automatico che possono aiutarci a elaborare questi dati.

Negli ultimi anni si è parlato molto anche di realtà aumentata (AR). Il successo strepitoso di Pokémon Go ci ha mostrato quanto potente possa essere questa tecnologia quando viene applicata correttamente. A tal proposito, l'elaborazione del contesto probabilmente avrà un effetto a catena sul campo dello sviluppo di AR perché fornisce l'accesso a nuove tipologie di dati che gli sviluppatori possono sfruttare. Una conseguenza potrebbe essere la possibilità dell'utente di avere a disposizione un "sesto senso" digitale. Dopotutto, questa ci permetterà di aumentare la comprensione del mondo che ci circonda e la conoscenza delle nostre possibilità, come la qualità dell'aria che stiamo respirando o la nostra velocità.

La cosa più interessante è che le applicazioni consapevoli del contesto hanno portato all'utilizzo di dispositivi che imparano a conoscerci meglio di noi stessi e anticipare le nostre mosse. Google Now, ad esempio, è specificamente progettato per fornire informazioni agli utenti prevedendo ciò che vogliono, sulla base di dati storici e contestuali. Come detto, i nostri smartphone sono in grado di rilevare una serie di informazioni da sensori disponibili, per individuare sia la nostra posizione (GPS) che i nostri movimenti (accelerometro). Ad essi si aggiungono dispositivi indossabili come Fitbits, che portano, naturalmente, a un ulteriore aumento delle informazioni utili. A questo punto, un'analisi dei dati può prevedere quando saremo affamati e quanto dovremmo mangiare per compensare la nostra attività, oppure indicare ciò che probabilmente ci piace e qual è il nostro budget.

Uno dei potenziali più rilevanti che deriva dall'uso dell'elaborazione contestuale è il modo in cui questa può aiutarci a costruire un'intelligenza artificiale che parla e che possa comprendere l'ambiente circostante e interagisce con

i “sensi” in modo simile agli umani. Naturalmente, siamo ancora lontani da questo traguardo e avremo bisogno di un continuo sviluppo congiunto delle tecnologie di machine learning e deep learning per continuare a progredire insieme al context-aware computing. Tutti i dati prodotti e disponibili saranno inutili e controproducenti se non saremo in grado di elaborarli. Le tecnologie context-aware si basano sia sull’hardware per raccogliere dati sia sul software per cercare di dare un senso a questi ultimi.

Gli attuali leader in questo campo sono aziende come Google, Apple e Amazon, grazie ai loro assistenti virtuali. L’assistente Google, Siri e Alexa sono sempre in ascolto e usano ciò che carpiscono per fornire servizi contestuali. Dopotutto, se non stanno ascoltando istruzioni, allora non possono reagire ai comandi, quindi sono dotati di una certa quantità di calcolo contestuale integrato. Oltre ad ascoltare le nostre istruzioni, dispositivi come Google Home, Apple HomePod ed Amazon Echo monitorano il nostro ambiente domestico. Possono accendere le luci quando entriamo nelle stanze e regolare la temperatura a seconda delle condizioni climatiche. In ambito *Smart City* sono di particolare interesse le tecnologie proposte dal progetto FIWARE<sup>1</sup>. La piattaforma, pensata per la creazione e l’erogazione di servizi ad elevato livello di QoS e sicurezza, è stata concepita per essere generica in modo tale da adattarsi a varie aree di utilizzo, in ambito *Smart City*. Sebbene preveda soluzioni per l’acquisizione di dati di contesto, il modello non è sufficientemente espressivo per essere impiegato in ambienti altamente dinamici.

In definitiva, la cosa principale da ricordare è che le nuove tecnologie context-aware possono rendere le nostre vite più confortevoli, operando nel rispetto dell’ambiente, ma è il modo in cui le utilizziamo a poter offrire un valore aggiunto nella società, visibile anche a lungo termine.

## 6.5 Conclusioni e sfide aperte

La conoscenza real-time del contesto in cui si trova l’utente permette di offrire dati e servizi fortemente personalizzati, in grado di tenere conto di innumerevoli aspetti. Mentre in un sistema tradizionale le informazioni contestuali non sono trattate come informazioni rilevanti, in un sistema consapevole del contesto queste stesse informazioni sono utilizzate per personalizzare input e/o output.

Il funzionamento di sistemi di questo tipo è principalmente dedicato al “tailoring” dei dati basato sul contesto, che può essere definito come l’attività di definizione di particolari viste sulle basi di dati. Oggi, infatti, la quantità di dati e servizi disponibili richiedono non solo una loro reciproca integrazione, ma anche un loro filtraggio al fine di: fornire all’utente in maniera appropriata un insieme di dati e servizi su misura; operare su una gestibile quantità di dati per migliorare l’efficienza di elaborazione; fornire all’utente solo ciò che è rilevante in base ad aspetti contestuali, come la posizione e il tempo.

---

<sup>1</sup> FIWARE: <https://www.fiware.org/>

Nel mondo del turismo, ad esempio, tutto ciò può essere impiegato per approfondire logiche di integrazione e interoperabilità tra piattaforme (esistenti o nuove), così da consentire la costruzione automatica e adattativa al contesto di prodotti (pacchetti turistici in termini di dati e servizi) altamente personalizzabili e completi, che vadano oltre la fase informativa. In questo modo, si è in grado di agevolare il turista in ciascun momento della sua esperienza di viaggio: dalla ricerca della destinazione, creando itinerari/percorsi personalizzati e dinamici, fino ad arrivare al commento del proprio vissuto, integrando/orchestrando in base al contesto servizi di promozione turistica, booking, e-ticketing, e-commerce, social networking, ecc.

Le sfide che si presentano quindi ai ricercatori e agli sviluppatori di applicazioni context-aware riguardano come modellare e rappresentare l'utente e il contesto della visita, e come recuperare le informazioni disponibili. Infatti, le grandi collezioni Web-based sono difficili da individuare e comportano il rischio di sovraccaricare gli utenti. I visitatori, come detto, sono estremamente eterogenei e richiedono differenti tipi di informazioni e diversi livelli di dettaglio. Infine, gli utenti dei beni culturali e i turisti in generale sono spesso, e per breve tempo, i visitatori di un luogo a loro sconosciuto. Ciò significa che, da un lato, essi hanno un costante bisogno di aiuto per trovare le informazioni pertinenti, dall'altro, fornire loro adeguate risposte è impegnativo, poiché non si conoscono i loro interessi e bisogni fin dal principio.

In questo campo, le tecniche di context-aware computing possono essere impiegate per guidare la selezione di dati e servizi sulla base del contesto e degli interessi dell'utente o dei gruppi, proteggendoli dal sovraccarico di informazioni. Inoltre, la contestualizzazione e la personalizzazione possono essere usate per adattare la presentazione di informazioni sul dispositivo, facilitando così la loro esplorazione.

Tuttavia, per questi scopi, l'informazione relativa al patrimonio culturale deve essere rappresentata, attraverso l'uso di modelli ontologici, in un formato interpretabile da un sistema di elaborazione (computer, smartphone, ecc.) che può essere abbinato con interessi, preferenze e, in generale, contesto attuale del destinatario. Sono pertanto importanti ai fini dello sviluppo context-aware: la modellazione, la rappresentazione e il riconoscimento del contesto, sfruttando eventualmente il reasoning su basi di conoscenza semantiche.

## Riferimenti bibliografici

- [Casillo et al., 2017a] Casillo, M., Colace, F., De Santo, M., Lemma, S., and Lombardi, M. (2017a). A context-aware mobile solution for assisting tourists in a smart environment.
- [Casillo et al., 2017b] Casillo, M., Colace, F., Pascale, F., Lemma, S., and Lombardi, M. (2017b). Context-aware computing for improving the touristic experience: a pervasive app for the amalfi coast. In *2017 IEEE International Workshop on Measurement and Networking (M&N)*, pages 1–6. IEEE.
- [Casillo et al., 2019] Casillo, M., Colace, F., Santo, M. D., Lemma, S., and Lombardi, M. (2019). Cat: a context aware teller for supporting tourist experiences. *International Journal of Computational Science and Engineering*, 20(1):69–87.

- [Chen and Kotz, 2000] Chen, G. and Kotz, D. (2000). A survey of context-aware mobile computing research. *Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000-381*.
- [Clarizia et al., 2017a] Clarizia, F., Lemma, S., Lombardi, M., and Pascale, F. (2017a). A mobile context-aware information system to support tourism events. In *International Conference on Green, Pervasive, and Cloud Computing*, pages 553–566. Springer.
- [Clarizia et al., 2017b] Clarizia, F., Lemma, S., Lombardi, M., and Pascale, F. (2017b). An ontological digital storytelling to enrich tourist destinations and attractions with a mobile tailored story. In *International Conference on Green, Pervasive, and Cloud Computing*, pages 567–581. Springer.
- [Colace et al., 2017a] Colace, F., De Santo, M., Lemma, S., and Lombardi, M. (2017a). An adaptive app for tourist contents contextualization. In *Proceedings of the Second International Conference on Internet of things, Data and Cloud Computing*, page 80. ACM.
- [Colace et al., ] Colace, F., Lemma, S., and Lombardi, M. Context awareness for e-tourism: An adaptive mobile application. *Context*, 8:9.
- [Colace et al., 2017b] Colace, F., Lemma, S., Lombardi, M., and Pascale, F. (2017b). A context aware approach for promoting tourism events: The case of artist’s lights in salerno. In *ICEIS (2)*, pages 752–759.
- [Dey, 2001] Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal and ubiquitous computing*, 5(1):4–7.
- [Dominici et al., 2012] Dominici, M., Pietropaoli, B., and Weis, F. (2012). Experiences in managing uncertainty and ignorance in a lightly instrumented smart home. *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, 8(3):225–249.
- [Furno and Zimeo, 2014] Furno, A. and Zimeo, E. (2014). Context-aware composition of semantic web services. *MONET*, 19(2):235–248.
- [Giallonardo et al., 2019] Giallonardo, E., Poggi, F., Rossi, D., and Zimeo, E. (2019). Context-aware reactive systems based on runtime semantic models. In *The 31st International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, SEKE 2019, Hotel Tivoli, Lisbon, Portugal, July 10-12, 2019*, pages 301–403.
- [Lombardi et al., 2019] Lombardi, M., Pascale, F., and Santaniello, D. (2019). An application for cultural heritage using a chatbot. In *2019 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)*, pages 1–5. IEEE.
- [Orsi et al., 2011] Orsi, G., Tanca, L., and Zimeo, E. (2011). Keyword-based, context-aware selection of natural language query patterns. In *EDBT 2011, 14th International Conference on Extending Database Technology, Uppsala, Sweden, March 21-24, 2011, Proceedings*, pages 189–200.
- [Pascoe et al., 1999] Pascoe, J., Ryan, N., and Morse, D. (1999). Issues in developing context-aware computing. In *International symposium on handheld and ubiquitous computing*, pages 208–221. Springer.
- [Rauseo et al., 2011] Rauseo, A., Martinenghi, D., and Tanca, L. (2011). Contextual data tailoring using asp. In *International Workshop on Semantics in Data and Knowledge Bases*, pages 99–117. Springer.
- [Schilit et al., 1994] Schilit, B., Adams, N., and Want, R. (1994). Context-aware computing applications. In *1994 First Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pages 85–90. IEEE.
- [Schilit and Theimer, 1994] Schilit, G. and Theimer, D. B. (1994). Active map information to mobile hosts. *ieee network*, 8 (5).

# Capitolo 7

## Mobile computing

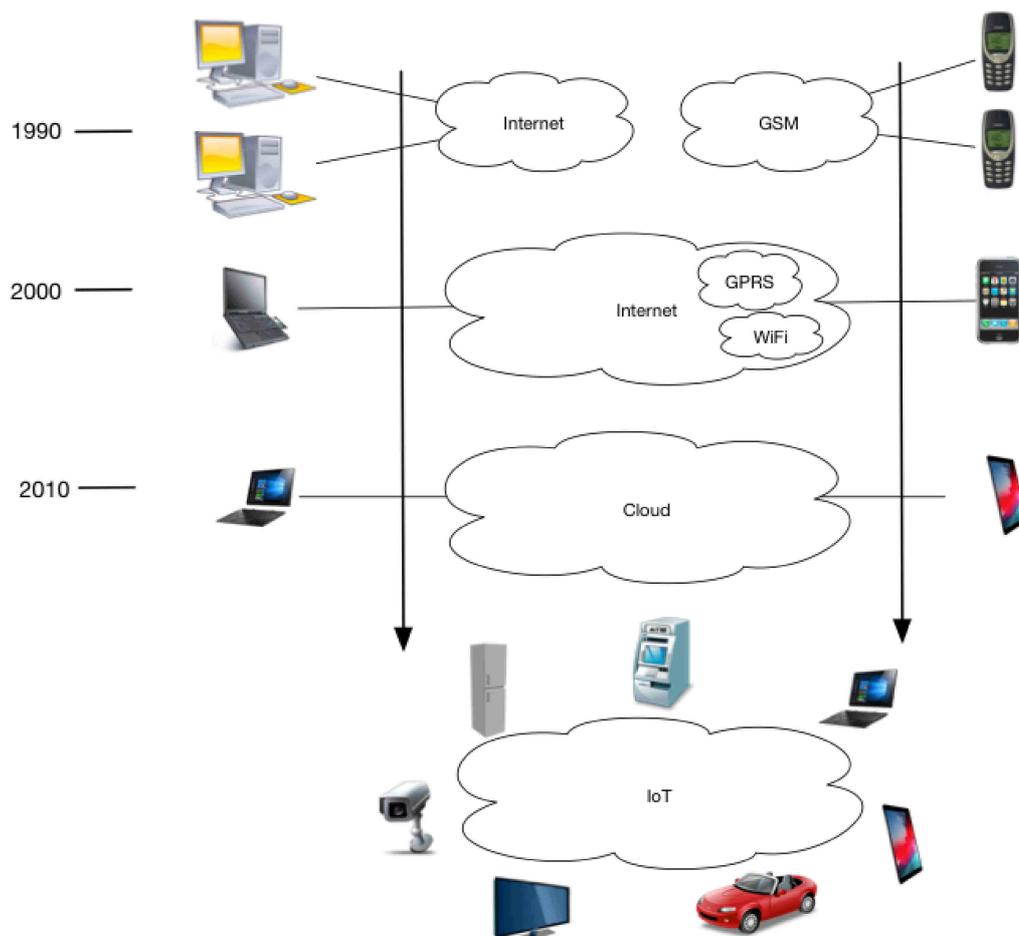
Giuseppe Di Santo, Eugenio Zimeo

### 7.1 Introduzione

Con il termine *mobile computing* si intende un insieme di tecnologie abilitanti, infrastrutture e paradigmi che consentono la realizzazione di sistemi distribuiti mediante dispositivi mobili collegati in modo dinamico attraverso reti *wireless*. Il *mobile computing* offre agli utenti la possibilità di accedere a servizi IT indipendentemente dalla loro posizione, abilitando nuove funzionalità, quali la possibilità di determinare e tracciare la posizione dell'utente (localizzazione), fornire all'utente informazioni contestualizzate, e acquisire informazioni in modo collaborativo (es. *crowdsourcing* e *crowdsensing* [Cianciulli et al., 2017]).

La diffusione del *mobile computing* è stata favorita dall'evoluzione tecnologica, che nel corso degli anni ha prodotto una significativa riduzione delle dimensioni dei dispositivi di elaborazione (vedi Figura 7.1). Oggi, quasi tutti i produttori di microprocessori producono anche le versioni mobile di tali dispositivi, caratterizzati da basso consumo energetico, ridotte dimensioni fisiche e conseguentemente da prestazioni inferiori rispetto alle corrispondenti tecnologie *desktop*.

Le tecnologie di trasmissione *wireless* sono ormai ampiamente diffuse e in rapida evoluzione: le reti Wi-Fi e 4G sono in grado di offrire *throughput* adeguati per molte applicazioni e i fornitori dei servizi di connettività stanno progressivamente adeguando i piani tariffari per favorirne l'adozione. I *display* sono sempre più sofisticati e l'interazione *touch* è diventata ormai uno standard. Ciononostante, gli sforzi di ricerca sono ancora protesi a migliorarne l'efficienza (es. OLED *display*), dal momento che questi sono ancora tra gli elementi a maggior consumo energetico (insieme ai moduli radio) di un dispositivo mobile personale. I sistemi di *storage* sfruttano la tecnologia delle *flash memory* che offrono velocità di accesso e densità sempre maggiori, anche se con capacità limitata per una corretta fruizione di alcune classi di applicazioni. Per superare i limiti indotti dalle scarse risorse locali, spesso si fa ricorso a sistemi di storage remoti per operazioni di *backup*. Tuttavia, l'evoluzione delle tecnologie di



**Figura 7.1:** Evoluzione tecnologica dei dispositivi e delle infrastrutture ICT

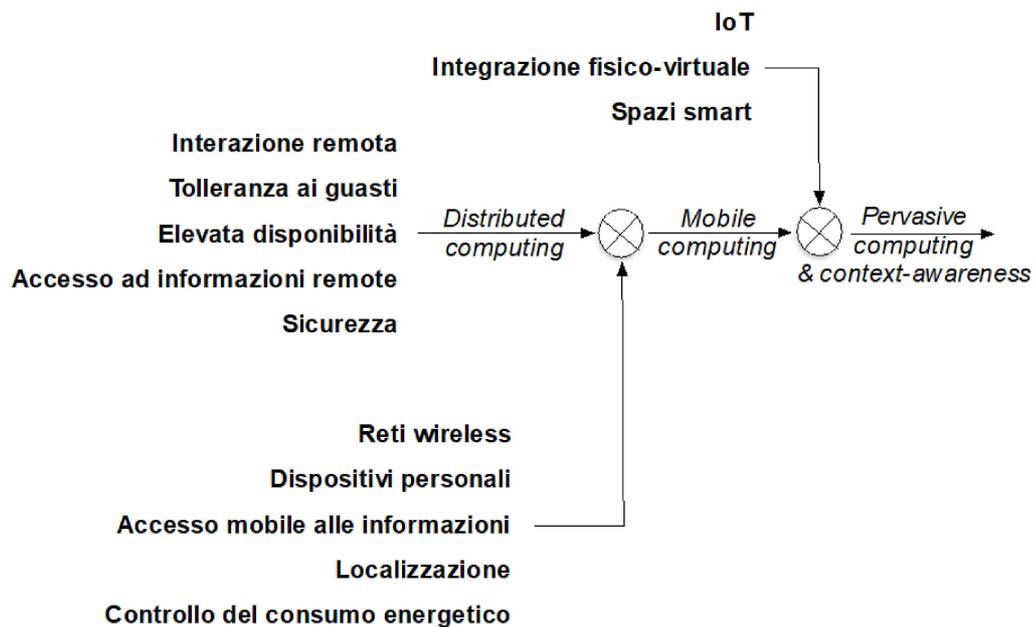
rete (es. *Fog computing* [Bellavista et al., 2018]) promuoverà sempre di più l'adozione di sistemi di *storage* primari basati su *Cloud*.

Come diversi ambiti applicativi, anche il turismo potrà beneficiare fortemente della disponibilità di dispositivi mobili e personali sempre più performanti e ricchi di funzionalità. L'accesso alle informazioni di interesse mentre si è in visita presso un museo o un sito archeologico rappresenta un significativo miglioramento dell'esperienza turistica del visitatore; se a questo si aggiunge anche la possibilità di filtrare in modo automatico i contenuti da presentare sulla base del contesto del visitatore, il quale viene riconosciuto con l'ausilio dello stesso dispositivo mobile e di eventuali ulteriori dispositivi collocati nell'ambiente, allora la visita stessa risulterà ancora più entusiasmante e coinvolgente.

## 7.2 Background

Il *mobile computing* [Satyanarayanan, 2001] è un caso particolare di *distributed computing* e comprende tutte le tecnologie che consentono alle persone di

accedere ai servizi di rete da qualsiasi posizione e in qualsiasi momento. Alle metodologie e tecnologie tipicamente impiegate nei sistemi distribuiti e utili a risolvere problematiche tipiche quali, ad esempio, tolleranza ai guasti, disponibilità dei servizi, sicurezza degli accessi e della comunicazione, si aggiungono quelle derivanti dall'uso di dispositivi con risorse a capacità limitate [Canfora et al., 2005b], dall'accesso in mobilità [Canfora et al., 2005a] mediante reti *wireless* ad informazioni e/o servizi remoti, dalla possibilità di rilevare la posizione dei dispositivi, fino a problemi legati al controllo dei consumi energetici.



**Figura 7.2:** Relazioni tra distributed, mobile e pervasive computing

L'idea del mobile computing nasce all'inizio degli anni '90 ma si è dovuti attendere fino al 2000 per osservarne il primo passaggio paradigmatico su larga scala dal *personal computer* da scrivania al dispositivo mobile, inteso come PC *laptop* o *notebook*. Da una ricerca di Morgan Stanley, nel 2014 l'utilizzo di dispositivi mobile ha superato quello dei suoi predecessori *desktop*.

### 7.3 Interazione con l'ambiente: context-awareness

Rispetto ai dispositivi mobili disponibili in commercio qualche decennio fa, quelli di oggi sono notevolmente più sofisticati e soprattutto corredati di svariati sensori e dispositivi radio che abilitano una moltitudine di nuove funzioni.

Tra i sensori, i più comuni negli *smartphone* sono l'accelerometro, il giroscopio, il magnetometro, il ricevitore GPS e il lettore di impronte digitali; invece, per quanto riguarda la comunicazione, in aggiunta al modulo GSM/UMTS/LTE

e a breve il 5G, utilizzato per la comunicazione su grandi distanze, al modulo Wi-Fi, per la comunicazioni a medio raggio, e al modulo Bluetooth, per la comunicazione a corto raggio, risulta sempre più diffuso anche il modulo NFC (Near Field Communication) per la comunicazione a brevissima distanza.

L'accelerometro è un sensore che interpreta la tensione proveniente da strutture di cristallo microscopiche per capire quanto velocemente il device si sta muovendo e in quale direzione. Tale sensore consente, ad esempio, al dispositivo di passare dalla visualizzazione *portrait* a quella *landscape* e viceversa, di tracciare il numero di passi percorsi dall'utente e di sapere in quale direzione il dispositivo stia puntando. Il giroscopio aggiunge all'accelerometro un ulteriore supporto alla determinazione della posizione assunta dal dispositivo nello spazio.

Il magnetometro è un sensore che permette di misurare l'intensità e la direzione dei campi magnetici. Viene generalmente utilizzato per indicare la direzione del nord magnetico, e pertanto per acquisire un riferimento assoluto nello spazio in cui il dispositivo si muove. Un ulteriore sensore ormai a corredo di tutti gli *smartphone* è il ricevitore GPS che fornisce la longitudine e la latitudine caratterizzanti la posizione del dispositivo in un determinato instante. Gli *smartphone* più recenti sono corredati di lettori di impronte digitali, in grado di catturare una scansione dell'impronta digitale e di supportare la creazione di un modello biometrico dell'utente che abilita diversi tipi di applicazioni basati sull'autenticazione dell'utente.

Un *trend* emergente è anche rappresentato dall'integrazione negli ambienti fisici di sensori stazionari che, insieme ai sensori mobili disponibili negli *smartphone* e in altri dispositivi personali, abilitano la creazione dei cosiddetti *smart space*, ossia ambienti intelligenti, in cui un'infrastruttura digitale, in modo proattivo, supporta le persone nella loro vita quotidiana. I dati acquisiti dai sensori immersi nello spazio fisico sono elaborati ed i risultati sono utilizzati per modificare eventualmente lo stato dell'ambiente. Sebbene confinati in un'area fisica circoscritta, i dispositivi appartenenti ad uno *smart space* non sono necessariamente limitati dai propri confini fisici ma possono essere connessi ad altri sistemi, formando sistemi più ampi.

Diverse sono le possibili applicazioni abilitate da questo paradigma: monitoraggio dei parametri fisico/chimici ambientali, monitoraggio delle persone, localizzazione e *tracking* degli oggetti, sorveglianza e sicurezza. Spesso questo ampio insieme di applicazioni è caratterizzato dalla *context-awareness*, ossia dalla capacità di rilevare ed usare il contesto.

Con il termine *contesto* si intende qualsiasi informazione che possa essere utilizzata per caratterizzare la situazione di un'entità, ossia una persona, un luogo o un oggetto [Dey, 2001]. Un sistema viene quindi detto *context-aware* se utilizza il contesto per fornire informazioni e/o servizi pertinenti per l'utente, dove la pertinenza è legata dal compito che l'utente sta eseguendo. Il contesto è anche definito come l'insieme di variabili e relativi valori potenzialmente condivisibili con altri sistemi, che influenzano il significato delle informazioni o il comportamento di un sistema.

Un'applicazione *context-aware* è un'applicazione in grado di rappresentare, acquisire, comprendere, gestire, memorizzare e utilizzare informazioni di con-

testo. Queste possono essere impiegate per supportare adattamenti funzionali, dei dati o di interfaccia delle applicazioni.

## 7.4 La localizzazione per la context-awareness

La localizzazione (o geo-localizzazione) è il processo tramite il quale è possibile identificare la posizione, in uno spazio di riferimento noto, di un oggetto o di una persona. Sebbene i sistemi di localizzazione esistenti si differenzino principalmente per le tecniche, i metodi e le tecnologie che impiegano, e per l'accuratezza che sono in grado di fornire, quelli più comuni si basano sull'utilizzo di una rete di nodi con posizione nota e in grado di comunicare in broadcast (*wireless*) messaggi a dispositivi (ricevitori), che elaborandoli determinano la loro posizione nello spazio di riferimento.

I metodi utilizzati da sistemi di localizzazione a radiofrequenza, si basano su tecniche di rilevazione della distanza che separa il dispositivo da localizzare dai nodi della rete, quali *Time of Arrival* (ToA), *Time Difference of Arrival* (TDoA), *Angle of Arrival* (AoA) o la *Signal Strength Analysis* (SSA), e pertanto su un algoritmo che risolve un problema di natura geometrica per la rilevazione della posizione (triangolazione, trilaterazione, multilaterazione, etc.).

Una tecnica di localizzazione differente è il *Dead Reckoning* che calcola la posizione di un dispositivo in base alle informazioni storiche note al dispositivo senza far uso di informazioni provenienti dall'ambiente esterno. Partendo da una posizione iniziale nota al dispositivo, le informazioni tipicamente utilizzate sono velocità e/o accelerazione del dispositivo in un certo tratto, direzione seguita dal dispositivo durante lo spostamento, tempo trascorso e/o distanza percorsa dall'inizio dello spostamento.

Per la localizzazione in ambienti *open (outdoor)*, il sistema di gran lunga più utilizzato è il GPS (Global Positioning System). Esso è composto da satelliti in orbita, un sistema di controllo a terra e dispositivi ricevitori. Molto diffuso è anche il sistema di localizzazione basato su rete cellulare nel quale i nodi di riferimento fissi sono le antenne delle diverse celle. L'accuratezza di tali sistemi può dipendere da vari fattori, quali la densità delle antenne o il numero di antenne cui un dispositivo è connesso. Per migliorare l'accuratezza della posizione di un dispositivo, oggi si tende ad impiegare diversi sistemi tra cui la mappa delle *base station* WiFi creata da Google per localizzare i dispositivi con sistema operativo Android.

La localizzazione *indoor* di dispositivi attraverso l'utilizzo di segnali radio viene complicata dalla presenza di ostacoli: pavimenti, muri e il corpo umano producono attenuazione e riflessioni tali da alterare significativamente i segnali a radiofrequenza emessi, rendendone difficile l'uso ai fini della rilevazione della distanza. I sistemi di localizzazione basati su WiFi hanno un'accuratezza molto variabile (tra 1m e 70m); quelli basati su *Bluetooth Low Energy* (BLE), pur esibendo un livello di accuratezza simile a quello ottenibile con tecnologia WiFi, presentano un potenziale maggiore perché il basso costo dei dispositivi

rende possibile la creazione di reti dense di nodi che assicurano un'accuratezza migliore.

Le tecnologie *Radio Frequency Identification* (RFID) ed il *Near Field Communication* (NFC) migliorano sensibilmente l'accuratezza ma richiedono che il dispositivo da localizzare sia molto vicino al nodo trasmettitore: pochi metri nel caso di RFID e pochi centimetri nel caso di NFC. Della stessa natura, anche se basata su rilevazione ottica, è la localizzazione realizzata mediante lettura di QR Code, un codice bidimensionale composto di moduli geometrici in una matrice quadrata rilevabile da una fotocamera. Ulteriori tecniche per la localizzazione *indoor* sono basate su ultrasuoni, infrarossi e campi magnetici. Infine, sia per la localizzazione *indoor* sia per quella *outdoor* è possibile impiegare i più costosi sistemi di localizzazione inerziali che sfruttano il *Dead Reckoning*.

## 7.5 Programmazione di dispositivi mobili

Attualmente le piattaforme più diffuse per dispositivi mobili sono iOS e Android. Lo sviluppo per tali piattaforme può essere realizzato in tre modalità differenti:

- Applicazioni Web, fruite mediante browser;
- Applicazioni sviluppate utilizzando librerie e strumenti di sviluppo nativi;
- Applicazioni sviluppate utilizzando framework multiplatforma.

Nel caso di applicazioni Web, si utilizzano strumenti di sviluppo *server side* e *client side*, come ad esempio JavaScript, CSS e HTML5, per creare applicazioni Web ottimizzate anche per la fruizione mediante dispositivi con schermo di ridotte dimensioni. I vantaggi di un tale approccio risiedono nella possibilità di sviluppare (e quindi mantenere) una sola versione di un'applicazione, fruibile da qualsiasi dispositivo. Di contro, l'impiego del browser Web limita significativamente l'utilizzo delle risorse del dispositivo.

Le App native sono sviluppate per una particolare piattaforma (quale iOS o Android) e sono scritte sfruttando i linguaggi accettati dalla piattaforma di destinazione, come ad esempio Swift o Objective C per iOS e Java o Kotlin per Android. Sia Apple che Google forniscono agli sviluppatori *tool* di sviluppo e *Software Development Kit* (SDK) che consentono alle App di sfruttare al massimo i dispositivi. I vantaggi di questo approccio sono molteplici: le App sono molto veloci e *responsive*, possono sfruttare, se autorizzate, tutte le funzionalità del dispositivo su cui vengono eseguite, e forniscono un'esperienza d'uso migliore, grazie a un'interfaccia utente in grado di sfruttare appieno i meccanismi offerti dalla piattaforma ospitante. D'altra parte, il costo ed i tempi di sviluppo sono elevati, in quanto occorre realizzare una versione di un App per ciascuna piattaforma.

L'approccio che sfrutta *framework* multi-piattaforma cerca di coniugare i vantaggi del Web e delle soluzioni native. App sviluppate secondo questo approccio appaiono all'utente simili a quelle native ma di fatto eseguono in

browser *embedded* (Web view). Esse pertanto si compongono di una parte nativa che carica la Web view e una parte Web sviluppata sfruttando JavaScript, CSS e HTML5. I vantaggi principali di tale approccio risiedono nella facilità di sviluppo e manutenzione e, pertanto, nella riduzione dei costi, potendo sviluppare una singola App per tutte le piattaforme disponibili, a svantaggio delle prestazioni. Alcuni *framework* consentono di sviluppare parte dei componenti dell'App usando i linguaggi di sviluppo nativi. In questo caso lo sviluppatore può adeguare il comportamento dell'App alle specificità della piattaforma di destinazione.

## 7.6 Scalabilità del mobile computing

Molte applicazioni per dispositivi mobili si affidano a risorse remote, spesso in *Cloud* (*Mobile Cloud Computing* (MCC) [Fernando et al., 2013], per raggiungere le capacità (di elaborazione o di *storage*) richieste da alcune applicazioni. La recente diffusione dell'IoT e delle comunicazioni 5G, sta però condizionando il *mobile computing*. Da un lato la miniaturizzazione sta portando alla rapida diffusione di dispositivi *wearable*, mentre dall'altro la loro numerosità unita alla notevole mole di dati prodotta sta spingendo verso una rivisitazione del modello di interazione *Cloud-centric*. Il *Mobile Edge Computing* (MEC) [Bonomi et al., 2012] mira a spostare il controllo e l'archiviazione ai bordi della rete in modo da rendere possibile l'esecuzione su dispositivi mobili di applicazioni esigenti sia dal punto di vista computazionale sia dal punto di vista delle latenze di comunicazione. Il MEC promette infatti una drastica riduzione della latenza e del consumo energetico. Fondendo, senza soluzione di continuità, tecnologie *wireless* e *mobile computing*, è possibile eseguire applicazioni complesse anche su dispositivi mobili, potendo beneficiare di elevata reattività dovuta alle ridotte latenze, nonché del miglioramento della sicurezza e dei livelli di privacy, e infine di potenza elaborativa e capacità di *storage* diffuse e pertanto di una maggiore scalabilità. L'elevata reattività, in particolare, rende oggi possibile assicurare alle applicazioni un efficace comportamento *context-aware*, potendo fornire, in tempi brevi e in reazione ad una variazione di contesto, un contenuto informativo (anche in realtà aumentata) contestualizzato.

L'estensione di questo concetto ai diversi livelli frapposti fra reti di accesso e *Cloud* sta promuovendo il *Fog Computing*. Il paradigma architetturale sotteso può essere visto come un'estensione del MEC o del MCC o come una convergenza dei due, essendo la rete e l'insieme delle risorse computazionali e di *storage* organizzate in modo gerarchico dalla periferia verso il *Cloud*. Secondo questo paradigma, le risorse necessarie ad un'applicazione in esecuzione su di un dispositivo mobile (o comunque periferico, quale un sensore in IoT) possono essere recuperate (se disponibili) dal primo livello gerarchico utile, facilitando l'interazione periferica per ogni livello di scala.

## 7.7 Mobile computing e turismo culturale

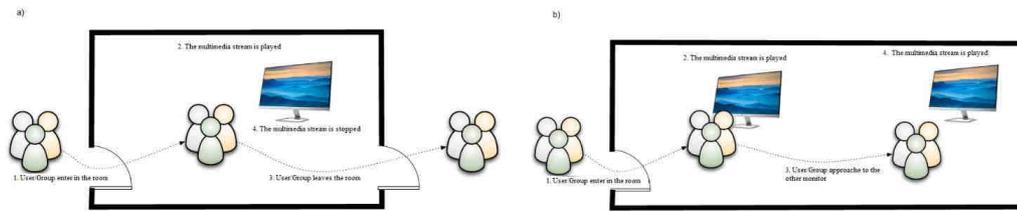
Molte delle applicazioni possibili attraverso l'impiego dei dispositivi mobili sono abilitate dai sensori interni che consentono di trasformare questi dispositivi in qualsiasi tipo di sensore logico utile per gli scopi di un'applicazione. Inoltre, attraverso i suoi moduli radio, es. Bluetooth, Wi-Fi e GSM/UMTS/4G/LTE e ora anche il 5G, uno *smartphone* è in grado di estendersi funzionalmente sfruttando risorse esterne, sia per calcolo e *storage*, sia per l'acquisizione di dati. Ad esempio, un piccolo dispositivo Bluetooth come un Beacon BLE, collocato in una specifica posizione  $P(x, y)$  in un ambiente, può essere impiegato per segnalare a dispositivi mobili presenti entro un range prefissato le coordinate del punto  $P$  con un errore che dipende dal range stesso. Lo *smartphone* diventa pertanto un sensore logico di posizione impiegabile da un sistema per la rilevazione della presenza di una persona e in grado di funzionare in mobilità con il supporto di un'infrastruttura esterna [Giallonardo et al., 2019]. Un significativo esempio di impiego del mobile computing per la tutela, la conservazione e la fruizione dei beni culturali è la piattaforma HeriwarD (<http://www.heriward.com>).

Sfruttando gli elementi sensoriali e le caratteristiche dei dispositivi mobili descritte in precedenza, nel seguito sono delineati alcune delle possibili applicazioni nell'ambito del turismo culturale.

### 7.7.1 Erogazione di contenuti personalizzati per visite indoor

Le tecnologie multimediali sono ampiamente utilizzate nelle sale dei musei, in mostre temporanee o lungo un percorso di un sito culturale, per fornire contenuti audio/video (cioè flussi multimediali) che descrivono il patrimonio culturale ospitato dal sito. In genere, i contenuti audio/video vengono riprodotti ciclicamente, tramite monitor o proiettori. Uno dei possibili inconvenienti di questi strumenti è la difficoltà di fruizione, in assenza di un'adeguata organizzazione di gruppi, che costringe i turisti che arrivano in ritardo ad attendere una successiva erogazione dei contenuti. Inoltre, gli utenti che partecipano a una sessione potrebbero provenire da paesi diversi e quindi potrebbero non essere in grado di comprendere l'audio diffuso nella lingua scelta dal sito.

Per gestire queste difficoltà, l'identificazione del contesto di utilizzo può fornire input utili per offrire contenuti personalizzati agli utenti. Ad esempio, l'ingresso di un utente/gruppo in una stanza potrebbe essere rilevato automaticamente dal sistema e determinare l'avvio della riproduzione (se è stata in precedenza interrotta) di un flusso multimediale su un monitor di sala. Un approccio simile potrebbe essere utilizzato anche in presenza di più monitor nella stessa stanza, ognuno dei quali programmato per riprodurre flussi multimediali diversi. In questo caso, il sistema dovrebbe essere in grado di rilevare la prossimità di un utente/gruppo ad un monitor ed avviare la sessione multimediale sul relativo dispositivo.



**Figura 7.3:** Riproduzione basata sulla presenza dell'utente. a) Singolo monitor b) Due monitor

Un turista potrebbe chiedere di riprodurre alcune tracce dell'attuale flusso multimediale sul suo dispositivo. Ad esempio, potrebbe decidere di guardare il video riprodotto sul monitor nella sala del museo e richiedere di ricevere la traccia audio sul proprio *smartphone* in una lingua specificata (o inferita dal suo profilo). Analogamente, un turista potrebbe richiedere di ricevere i sottotitoli nella lingua desiderata e vederli sul proprio *smartphone* mentre guarda la traccia video sul monitor.

### 7.7.2 Navigazione assistita in un museo tematico multi-sito

I visitatori possono personalizzare la propria esperienza creando mini-tour in base al proprio profilo. I mini-tour possono essere costruiti anche in ottica multi-sito a partire dagli *asset* digitali dei singoli siti, costruendo di fatto una sorta di museo fisico-virtuale tematico in relazione agli interessi personali del visitatore.

Le tecnologie di localizzazione possono essere utilizzate per supportare la visita di musei o siti culturali migliorandone l'esperienza. Oggi, molti siti culturali forniscono visite guidate, spesso di gruppo. Sebbene interessante, questo tipo di visita lascia poco spazio alla personalizzazione rispetto agli interessi del visitatore.

La tecnologia e in particolare il *mobile computing* possono aiutare a personalizzare: attraverso il proprio *smartphone* un visitatore potrebbe visualizzare la mappa del museo (multi-sito o singolo sito), trovare le indicazioni per i siti o per le sale di interesse, ricevere informazioni e contenuti contestualizzati (es. descrizione delle opere più vicine in audio e nella lingua desiderata). Sebbene un percorso multi-sito sia costruito tipicamente prima della visita (in modo manuale o assistito dal sistema in base al profilo del visitatore), il dispositivo mobile può essere utilmente impiegato anche come supporto all'*editing*, geo-localizzando le sale e i siti culturali visitati rispetto al contenuto tematico delle opere ospitate.

Le tecnologie di localizzazione presenti nei musei possono diventare un potente fattore abilitante l'acquisizione di informazioni utili all'analisi dei gusti dei visitatori. Tracciando i visitatori è possibile misurare diversi parametri, quali tempo trascorso in un'area o nell'intero sito, le aree più visitate, i percorsi più comuni, etc. Queste tracce, possono essere poi correlate con i profili dei visitatori

che le producono al fine di supportare decisioni di diversa natura (ricollocazione delle opere, allocazione del personale del sito, etc.).

### 7.7.3 Accesso off-line a contenuti multimediali

Molto spesso i musei e i siti culturali sono ospitati in palazzi antichi nei quali la connettività ad Internet è carente o addirittura assente. Pertanto, l'erogazione tramite *smartphone* di contenuti multimediali potrebbe non essere possibile a meno di avere i contenuti già precaricati sul proprio *smartphone*. Questo risultato può essere ottenuto in diversi modi: (a) utilizzare un'App che memorizzi localmente tutti i possibili contenuti erogabili, inclusi quelli non di interesse per l'utente; (b) pianificare in anticipo la propria visita e scaricare manualmente (usando per esempio tecniche di *tailoring* basate su contesto) contenuti ed informazioni che poi il visitatore consulterà quando sarà all'interno della struttura museale; (c) localizzare il visitatore in relazione ad un percorso multi-sito per scaricare in modo (semi)automatico i contenuti di interesse quando il dispositivo è in un'area coperta dalla rete usata dal visitatore e in ogni caso prima dell'ingresso al sito culturale privo di connettività. In particolare, sfruttando il *Fog*, i contenuti potrebbero essere recuperati da un server del museo attraverso un *access point* WiFi raggiungibile nei pressi della biglietteria.

### 7.7.4 Realtà aumentata

La Realtà Aumentata (AR) abilita nuove esperienze di fruizione in cui gli oggetti del mondo reale sono *aumentati* da informazioni percettive (uditive, visive, tattili, olfattive) generate da un computer. L'informazione sovrapposta può essere costruttiva (cioè additiva all'ambiente naturale) o distruttiva (cioè mascheramento dell'ambiente naturale). Con l'ausilio di applicazioni sviluppate ad-hoc, sono molti gli ambiti applicativi a cui l'AR può apportare benefici.

Pensiamo ad esempio alla possibilità di arricchire l'esperienza di visita di un turista in relazione ad un particolare bene, presentandogli un'immagine di come il bene appariva in origine, sovrapposta ai resti del bene stesso disponibili nella realtà, con l'eventuale testo descrittivo dell'opera. L'AR può essere usato anche per la creazione di vere e proprie guide virtuali che accompagnano il turista nell'esplorazione dei beni culturali. Con il supporto di un'App con visualizzazione su *smartphone* o meglio ancora su *glasses*, un turista potrebbe ricevere informazioni di navigazione contestualizzate e, quando opportuno, anche i contenuti delle opere, man mano che egli percorra le stanze di un museo.



**Figura 7.4:** Esempio di navigazione mediante AR

## 7.8 Conclusioni e sfide aperte

Il *mobile computing* è un campo di ricerca in continua evoluzione che sta acquisendo sempre maggiore attenzione per la sempre maggiore disponibilità di dispositivi mobili e *wearable*. Una caratteristica comune di questi sistemi è il loro supporto hardware alla *context-awareness* mediante un set di sensori che opportunamente programmati possono essere impiegati dalle applicazioni per rilevare il contesto e reagire di conseguenza, riconfigurandosi o agendo sull'ambiente stesso mediante dispositivi di attuazione.

Il *mobile computing* introduce anche nuovi problemi da tenere in considerazione nella progettazione delle applicazioni: variazione imprevedibile della qualità della rete, limitazioni sulle risorse locali imposte dalle piccole dimensioni, scarsa robustezza e problemi di consumo energetico, discontinuità del servizio, variabilità delle risorse disponibili, estrema dinamicità delle applicazioni, sicurezza delle informazioni.

La riduzione delle latenze di rete e la disponibilità di larghezze di banda adeguate a trasmettere la crescente quantità di dati prodotti da dispositivi mobili è una sfida importante per gli operatori di rete. Il *Fog computing*, attraverso la stratificazione gerarchica dei livelli di comunicazione e di elaborazione, può assumere un ruolo rilevante per la riduzione del traffico di rete e l'aumento della larghezza di banda disponibile. Inoltre, la prossimità dei nodi remoti di elaborazione ai dispositivi mobili consente di ridurre significativamente le latenze migliorando la reattività e favorendo lo sviluppo delle moderne applicazioni reattive, basate sull'elaborazione in tempo-reale dei dati/eventi generati da dispositivi di IoT.

L'estrema variabilità delle risorse impiegate dalle applicazioni per dispositivi mobili richiede significativi sforzi di ricerca volti a definire approcci al design e supporti a tempo di esecuzione in grado di favorire l'adattamento del software

alle risorse disponibili o fruibili, quali CPU, *storage*, *display*, tecnologie di comunicazione, presenza di un'adeguata copertura di rete, etc.

Infine, la mobilità dei dispositivi abilita nuove forme di aggregazione di sistemi e di composizione dinamica delle applicazioni: un volume spaziotemporale comune tra diversi dispositivi può essere visto come condizione abilitante l'interazione e la composizione applicativa.

## Riferimenti bibliografici

- [Bellavista et al., 2018] Bellavista, P., Berrocal, J., Corradi, A., Das, S. K., Foschini, L., and Zanni, A. (2018). A survey on fog computing for the internet of things. *Pervasive and mobile computing*.
- [Bonomi et al., 2012] Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., and Addepalli, S. (2012). Fog computing and its role in the internet of things. In *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing*, pages 13–16. ACM.
- [Canfora et al., 2005a] Canfora, G., Santo, G. D., Venturi, G., Zimeo, E., and Zito, M. V. (2005a). Proxy-based hand-off of web sessions for user mobility. In *2nd Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems (MobiQuitous 2005), 17-21 July 2005, San Diego, CA, USA*, pages 363–372.
- [Canfora et al., 2005b] Canfora, G., Santo, G. D., and Zimeo, E. (2005b). Developing java-awt thin-client applications for limited devices. *IEEE Internet Computing*, 9(5):55–63.
- [Cianciulli et al., 2017] Cianciulli, D., Canfora, G., and Zimeo, E. (2017). Beacon-based context-aware architecture for crowd sensing public transportation scheduling and user habits. In *The 8th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2017) / The 7th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT 2017), 16-19 May 2017, Madeira, Portugal*, pages 1110–1115.
- [Dey, 2001] Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal and ubiquitous computing*, 5(1):4–7.
- [Fernando et al., 2013] Fernando, N., Loke, S. W., and Rahayu, J. W. (2013). Mobile cloud computing: A survey. *Future Generation Comp. Syst.*, 29(1):84–106.
- [Giallonardo et al., 2019] Giallonardo, E., Poggi, F., Rossi, D., and Zimeo, E. (2019). Context-aware reactive systems based on runtime semantic models. In *The 31st International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, SEKE 2019, Hotel Tivoli, Lisbon, Portugal, July 10-12, 2019*, pages 301–403.
- [Satyanarayanan, 2001] Satyanarayanan, M. (2001). Pervasive computing: vision and challenges. *IEEE Personal Communications*, 8(4):10–17.

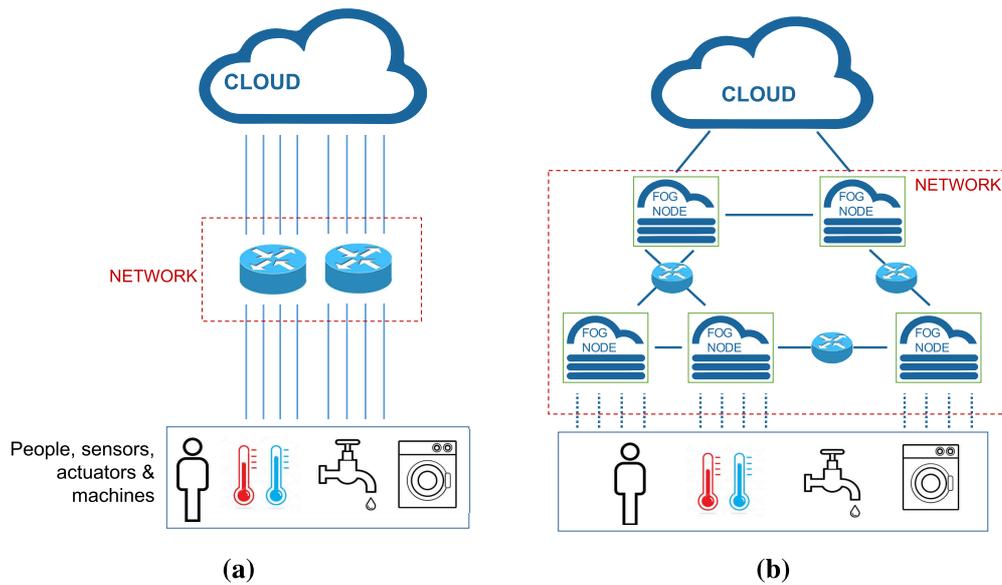
## Capitolo 8

# Cloud e fog computing

Christian Quadri, Gian Paolo Rossi

Il cloud computing ha caratterizzato l'evoluzione dei servizi internet degli ultimi anni ed ha favorito la concentrazione di enormi risorse di calcolo e di storage in una molteplicità di data centers. I fattori chiave del successo di tale approccio sono essenzialmente due. Da un lato, la centralizzazione consente di sfruttare le economie di scala riducendo i costi marginali di gestione e esercizio dei sistemi IT. Dall'altro, le organizzazioni possono evitare i costi elevati di creazione di un proprio data center limitandosi a consumare risorse di calcolo e di rete dei grandi service provider. Questo modello architetturale ha dato prova di garantire benefici economici e di soddisfare i requisiti tecnologici sia per l'erogazione di servizi agli utenti finali e alle organizzazioni, sia per l'Internet of Things (IoT). Per queste ragioni il cloud computing rimarrà a lungo l'elemento centrale dell'innovazione digitale in molti ambiti di applicazione e in questi casi la rete, di qualsiasi natura sia, si limiterà a fornire la connettività necessaria a creare il link fra dispositivo periferico e cloud (Figura 8.1a). Tuttavia, un approccio basato solo su cloud non sarà più in grado di soddisfare i requisiti di un numero sempre crescente di nuovi ambiti applicativi (quali, soprattutto, l'IoT, la realtà virtuale e aumentata, l'intelligenza artificiale) che stanno introducendo nuovi requisiti al sistema e generano forze che spingono verso un paradigma più distribuito in cui calcolo, storage e intelligenza di controllo sono frammentati in una gerarchia di data center.

Il turismo 4.0, considerato in questo documento, appartiene a quest'ultima categoria, e i servizi che prospetta producono le stesse spinte disgreganti sul sistema cloud che dovrebbe sostenerli. È necessario comprendere come queste tensioni architetturali vengono indirizzate e come possono esser messe a valore per massimizzare sia l'efficienza del sistema sia la qualità percepita dall'utente finale.



**Figura 8.1:** (a) Cloud computing. (b) Fog computing.

## 8.1 Contesto

I dati generati continuamente dall'IoT come conseguenza, ad esempio, delle nuove connessioni di imprese di Industria 4.0, di edifici residenziali, ospedali, musei, mezzi di trasporto etc., cresceranno passando da 6 Exabyte/mese nel 2018 ad oltre 25 Exabyte/mese entro il 2022 con oltre 14 miliardi di dispositivi connessi<sup>1</sup>. A questo si aggiunge la crescente attitudine degli individui a scambiare e/o accedere contenuti resource-intensive (video, immagini e di realtà aumentata/virtuale). Si stanno creando le condizioni per cui:

1. la crescita esponenziale dei dati generati dai dispositivi interconnessi genera congestione sulla rete, lungo tutto il cammino dispositivo-cloud, con conseguente peggioramento delle prestazioni;
2. molte applicazioni con requisiti di tempo reale (ad esempio, realtà virtuale e/o aumentata, video sorveglianza, elaborazione di immagini in tempo reale, etc.) non tollerano la latenza e l'instabilità sul cammino dispositivo-cloud;
3. alle criticità di tipo prestazionale e legate alla banda della rete, si aggiungono problemi di affidabilità e di sicurezza che rendono altre applicazioni impraticabili con un approccio centrato su solo cloud.

Il Fog Computing [Bonomi et al., 2012], di seguito usato genericamente per includere anche Mobile Edge Computing [ETSI, 2014], definisce una nuova architettura - in alcuni casi complementare a, in altri un'estensione dell'architettura cloud - che supera le criticità di connettività e di infrastruttura citate spostando (parte) del calcolo, dei dati e dell'intelligenza verso la periferia della rete, in prossimità dei sensori/attuatori di IoT e dei dispositivi utente

<sup>1</sup> Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022

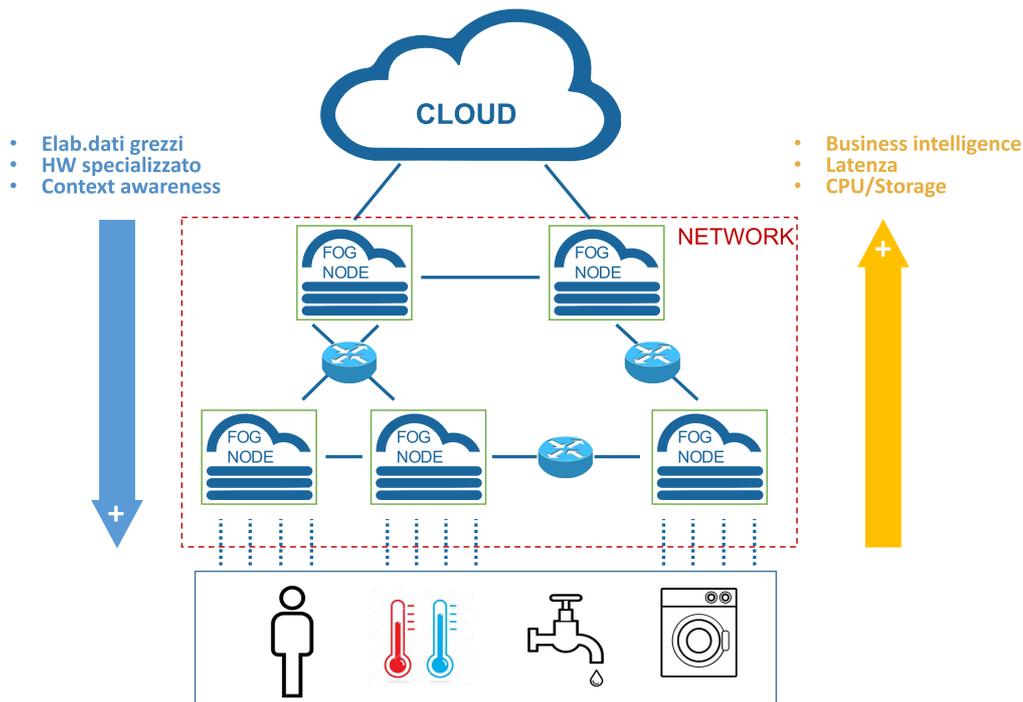
finale. Fog computing si propone come complemento e integrazione al Cloud computing estendendone le funzionalità in prossimità. Gli elementi di calcolo, storage, rete (con eventuali elementi di accelerazione hardware) di questo nuovo modello sono noti come nodi-fog, anche indicati come nodi-edge o mini data center. I nodi fog non vanno pensati come staticamente posizionati alla periferia fisica della rete, ma piuttosto come appartenenti ad un sistema fluido che li posiziona in una gerarchia dinamica di nodi lungo il cammino dispositivo-cloud in funzione dei requisiti da soddisfare (Figura 8.1b). In questo caso, il ruolo della rete evolve: non solo fornitore di connettività, ma anche uno spazio virtualizzato in cui riservare e gestire risorse di calcolo e di storage.

Avvicinare i nodi fog ai dispositivi che generano i dati produce evidenti benefici prestazionali e di sistema:

1. fornisce risorse per l'elaborazione dei dati in prossimità della loro sorgente minimizzando la latenza a beneficio di tutte le applicazioni che richiedono reazioni in tempo reale;
2. garantisce offloading della rete di trasporto (o core) in quanto i dati da trasferire verso l'alto nella gerarchia vengono filtrati e la loro quantità progressivamente ridotta dagli strati inferiori;
3. consente di ridurre la complessità del dispositivo finale, sia utente che di IoT, con conseguente riduzione dei costi e del consumo energetico. Questo vantaggio fa leva sulla possibilità di delegare al nodo fog più vicino alcune funzioni critiche, quali il calcolo intensivo e l'elaborazione in tempo reale di dati di grandi dimensioni, in modo da superare i limiti (fisici e/o legati alla loro mobilità) dei dispositivi stessi.

Fog computing eredita dal cloud tutti i benefici, quali scalabilità, apertura e flessibilità, e conserva le funzionalità chiave, come quelle di orchestrazione risorse, virtualizzazione (virtual machines o containers). Da questo punto di vista, la nuova rete cellulare 5G si presenta come una piattaforma di rete adatta ad ospitare soluzioni verticali di fog-computing sulla base della funzionalità di orchestrazione capaci di acquisire risorse as-a-Service e della capacità di gestione del ciclo di vita delle macchine virtuali dedicate a ospitare il fog-node e le funzioni di rete (Network Functions) necessarie. In ogni caso, Fog computing è indipendente dalla specifica tecnologia di rete, sia di accesso sia di trasporto; questa deve essere scelta in funzione dei requisiti della applicazione e in base alle opportunità disponibili nell'ambito di ogni installazione, favorendo anche una connettività di tipo eterogeneo (che usa in modo integrato, ad esempio una rete locale wireless/wired e la rete cellulare 5G).

Le installazioni di fog computing sono in genere organizzate in più livelli gerarchici (n-tiers), come rappresentato in Figura 8.1b. Il numero di livelli è dettato dalla specifica applicazione. In genere, ogni livello elabora dati per creare intelligenza specifica di quel livello. Come indicato in Figura 8.2, la quantità di dati grezzi da elaborare diminuisce salendo la gerarchia poiché essi vengono aggregati e filtrati progressivamente. Allo stesso modo, più ci si avvicina alla periferia dei dispositivi più cresce la necessità di inserire, nei nodi fog, hardware specializzato e dedicato alla gestione di tali dispositivi. Nel caso dell'IoT, ad



**Figura 8.2:** Gerarchia di nodi fog

esempio, possono essere richiesti acceleratori hardware specifici e/o risorse per l'elaborazione di video e immagini. I nodi periferici, infine, hanno maggior consapevolezza del contesto fisico e ambientale in cui sono posizionati come anche, indirettamente, della posizione delle persone che sono nel raggio di azione di quel nodo. Con un'evoluzione simmetrica a quella descritta, possiamo osservare, ad esempio, che quanto più ci si avvicina al cloud tanto maggiore sarà la latenza di trasmissione, la disponibilità di risorse generiche di calcolo e storage, la conoscenza sull'intero sistema ricavato dalla elaborazione dei dati.

E' interessante osservare che (Figura 8.2) i nodi fog possono essere collegati ai nodi di pari livello per garantire bilanciamento del carico, resilienza, data sharing e ottimizzazione delle comunicazioni in rete. Dal punto di vista architetturale i nodi fog devono poter comunicare sia con i nodi adiacenti nella gerarchia (direzione nord-sud), sia lateralmente con nodi di pari livello (est-ovest)

Attraverso tecniche di virtualizzazione (Network Function Virtualization) e software (Software Defined Networking) è possibile aggiungere ulteriore flessibilità all'infrastruttura di rete facilitando la creazione di partizioni funzionalmente specializzate al supporto di applicazioni verticali. Tali partizioni, denominate network slices, consentono la creazione di reti virtuali multiple sopra una comune infrastruttura fisica condivisa. Possono essere dedicate a soddisfare i requisiti di applicazioni, servizi o dispositivi. Ad esempio, un museo può creare proprie slice per gestire la sorveglianza degli spazi interni, il controllo ambientale in ogni stanza del museo, gli accessi, l'erogazione di contenuti digitali ai visitatori, e così via.

Secondo la logica Fog, non è assolutamente necessario che l'intera architettura di nodi sia gestita da un solo provider (tenant, nella terminologia di fog computing). Alle funzionalità dell'intero sistema concorrono molti tenant e la stessa funzione/servizio può essere affidata a tenant diversi in competizione fra loro. In questo scenario un requisito fondamentale è l'interoperabilità tra sistemi appartenenti a tenant differenti realizzata tramite interfacce open. Se la specifica del sistema complessivo prevede che due o più nodi fog comunichino allora le interfacce fra loro devono rispettare i vincoli specificati per formato dei dati e primitive di servizio. Analogamente, un approccio fog computing è, in termini architetturali, indipendente dall'infrastruttura di rete sottostante. I nodi fog possono essere interconnessi tramite una rete privata, pubblica o mediante la rete operatore telefonico. Per questa ragione, tutti i maggiori operatori telefonici sono particolarmente attivi su questo tema e hanno dato vita, attraverso diverse organizzazioni e alleanze trasversali, come ETSI-MEC in ambito ETSI<sup>2</sup> o OpenFog<sup>3</sup>, ad iniziative destinate a definire requisiti architetturali e standard per introdurre tecniche di fog-computing nella rete operatore.

All'interno del vasto dominio di applicazioni mobile computing e IoT è facile trovare svariati scenari applicativi che richiedono un approccio di fog computing. Rimandiamo chi fosse interessato alla lettura degli scenari inclusi nei documenti ufficiali di ETSI e di FOG. In questo documento, ci limiteremo a considerare alcuni possibili scenari legati al dominio del turismo culturale di nostro interesse.

## 8.2 Fog computing e turismo culturale

Se consideriamo il dominio applicativo del turismo culturale non pensiamo a un unico servizio ma piuttosto a una molteplicità di servizi che spaziano da quelli tipicamente legati all'IoT, ad esempio, video-sorveglianza, misura parametri ambientali e di affollamento, gestione dei flussi, a quelli di supporto alla visita, ad esempio, ticketing, audio guide, installazioni di realtà virtuale/aumentata. Ognuno di questi servizi è poi replicato, con soluzioni diverse, da ogni museo o sito culturale in una città o su una specifica area geografica. Le esigenze di un turismo 4.0 portano a concepire l'intero sistema come aggregazione di molteplici soluzioni locali eterogenee ma integrate, non autonome e sconnesse. Secondo questa logica generale, i dati in tempo reale dell'affollamento di una stanza devono essere gestiti localmente dal museo per ridistribuire i flussi di visitatori fra le stanze, ma se questo impatta sulla coda di visitatori all'ingresso è importante che questo dato sia disponibile a livello inter-museale, ad esempio cittadino, per consentire la redistribuzione del carico sui diversi siti cittadini. In modo analogo, possiamo ipotizzare che ogni museo predisponga contenuti digitali descrittivi delle opere esposte per arricchire la visita, ma dovremmo

---

<sup>2</sup> ETSI: European Telecommunications Standards Institute

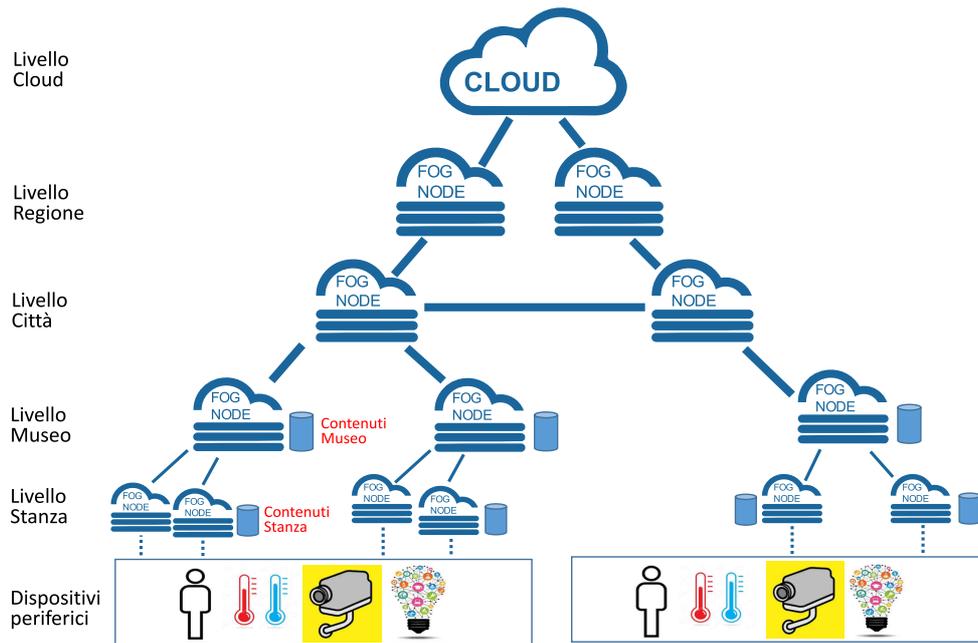
<sup>3</sup> OpenFog Consortium: <https://www.openfogconsortium.org>

richiedere che tali contenuti rispettino un unico standard in modo da consentire a ogni visitatore la fruizione di contenuti con un unico servizio inter-museale valido su tutto il territorio (cittadino, regionale o nazionale). I dati che riportano l'interesse riscosso dalle singole opere esposte (numero di visitatori interessati, tempo di permanenza davanti all'opera, etc.) sono di fondamentale importanza per il museo perché consente di avere una strategia di esposizione dell'opera, migliorare i contenuti descrittivi, affinare la comunicazione. Ma il disporre di questa informazione integrata su base territoriale diventa determinante per migliorare la distribuzione dei flussi, per fornire un servizio di raccomandazione e per consentire ad ogni visitatore di crearsi, nel tempo, il proprio profilo culturale, conservato su cloud, che diventa la base di partenza per dare alle persone cosciente autonomia nella pianificazione del viaggio.

Ne ricaviamo una organizzazione del sistema molto fluida, flessibile e articolata in una gerarchia di nodi che noi abbiamo organizzato in Figura 8.3 su base geografica. La gerarchia è strutturata per garantire integrazione, comunicazione fra i livelli e anche per soddisfare i requisiti prestazionali del sistema specifico sfruttando, come abbiamo anticipato, i benefici derivanti dalla prossimità del calcolo. Ad esempio, possiamo ipotizzare che la gestione dei dati ambientali e di affollamento di ogni stanza del museo vadano raccolti e elaborati in tempo reale per garantire rapida risposta in caso di superamento delle soglie che garantiscono la miglior conservazione delle opere. Questo suggerisce di posizionare questa funzione a livello di museo o di stanza. Gli stessi contenuti fruiti dai visitatori (soprattutto se di realtà aumentata) è bene che vengano inseriti (anche dinamicamente) nelle cache di ogni stanza per evitare sovraccarico della rete in caso di stanze affollate. Le video camere sono utilizzabili sia per conteggio delle persone in una stanza sia per sorveglianza. Questa elaborazione va fatta sfruttando la prossimità fra video camera e calcolo, e per gestire localmente situazioni di allarme. Ma in caso di allarme di intrusione il riconoscimento facciale deve essere svolto presso il centro governativo abilitato in cui risiede il database delle immagini.

Da quanto detto, si ricava la complessità legata alla costruzione di un ecosistema di servizi per il turismo 4.0. Tale complessità non è solo legata alla costruzione di un singolo servizio verticale in modo che sia efficiente, affidabile, scalabile etc., ma anche al fatto che questo va prima di tutto pensato in ottica di integrazione e di cooperazione con altri servizi o con servizi analoghi di fornitori diversi. La specifica dovrà dunque adattarsi alla gerarchia dei livelli fog definiti, tollerare la dinamica della infrastruttura, specificare comunicazioni nord-sud e est-ovest, specificare le risorse (calcolo, storage e HW dedicato) necessarie all'applicazione ad ogni livello e specificare anche le risorse di rete necessarie a sostenere tutto questo. Queste ultime alimenteranno i vari orchestratori di risorse, ai diversi livelli dell'architettura, che hanno il compito di gestire la dinamica di allocazione delle risorse di calcolo, di storage e di rete necessarie (Figura 8.4).

Come mostrato in figura, gli orchestratori sono organizzati in due macro livelli: rete core e rete foglia. Gli orchestratori di rete core hanno il compito di gestire le risorse cloud e fog fino a livello cittadino, mentre agli orchestratori foglia è demandata la gestione delle risorse museali. Questa separazione offre la



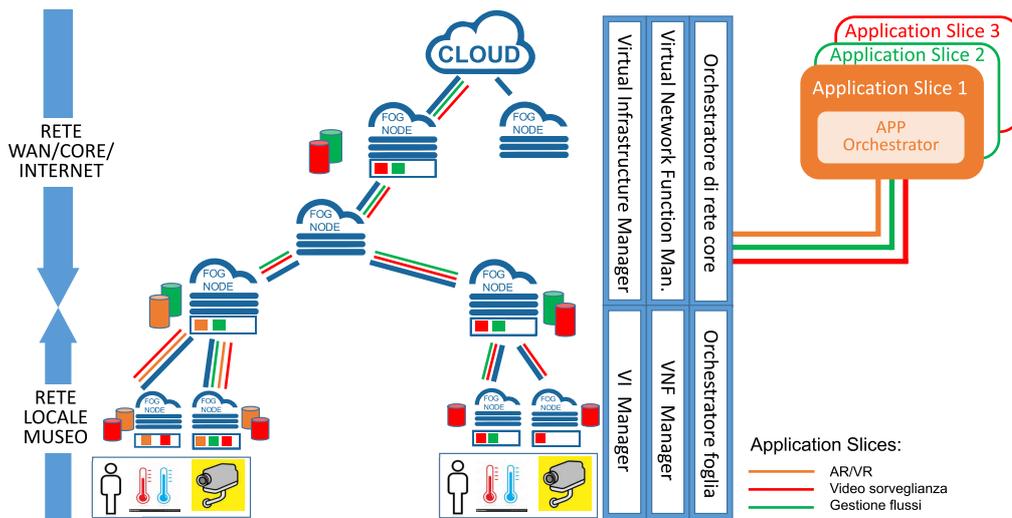
**Figura 8.3:** Sistema Fog Computing per turismo culturale

possibilità ai singoli musei di adottare soluzioni fog differenti e indipendenti sia dal punto di vista tecnologico che di gestione rispetto all'architettura fog di livello core. L'unico vincolo richiesto è l'interoperabilità tra i differenti orchestratori come discusso in precedenza. Il grado di cooperazione ed integrazione tra i vari orchestratori dipende strettamente dalla applicazione/servizio verticale che usa le risorse. Di seguito presentiamo tre casi d'uso con particolare attenzione ai livelli fog coinvolti e alla loro interoperabilità.

### 8.3 Scenario 1: AR/VR

Le applicazioni di Augmented/Virtual Reality sono senza dubbio le più stringenti in termini di latenza, larghezza di banda e dipendenza dal contesto. La fruizione di contenuti in real-time e la conoscenza dettagliata del contesto sono fondamentali per offrire al visitatore del museo un'esperienza fluida e ottimale delle opere esposte; ad esempio la conoscenza della direzione verso cui l'utente sta guardando, unitamente allo stato della rete (banda disponibile, dispositivi connessi, capacità dei nodi fog, ...) sono informazioni vitali al fine di offrire la migliore qualità di visita e coinvolgimento possibile.

In questo scenario ogni realtà museale ha la libertà di installare e gestire la infrastruttura che meglio si adatta alle esigenze specifiche del singolo museo. Dal punto di vista dell'architettura fog descritta in Figura 8.3 e 8.4, i nodi fog coinvolti sono quelli appartenenti ai livelli museo e stanza. Il nodo fog di museo viene utilizzato per la gestione della base dati delle opere e dei rispettivi contenuti



**Figura 8.4:** Gestione di multiple applicazioni in un'architettura Fog computing

multimediali e di AR/VR, nonché per il supporto della mobilità tra le stanze del museo garantendo la continuità nell'erogazione di contenuti durante gli spostamenti da una stanza all'altra. Il nodo fog di livello stanza viene utilizzato per la rilevazione del contesto sfruttando i sensori della stanza; inoltre può essere equipaggiato con moduli cache al fine di ridurre il traffico di rete interno al museo durante i periodi di grande affollamento delle sale.

La gestione delle risorse fog di museo è svolta dall'orchestratore di livello foglia (Figura 8.4) che ha il compito di gestire l'allocazione dinamica delle risorse dei vari nodi di stanza e di coordinare e bilanciare il loro utilizzo al fine di ottimizzare la fruizione dei contenuti da parte dei visitatori.

Sfruttando la comunicazione est-ovest tra nodi fog di livello museo, come mostrato in Figura 8.4, è possibile gestire la condivisione delle opere e dei loro contenuti tra diversi musei facendo uso di formati aperti e di apposite API per regolare l'accesso ai dati. Questa soluzione consente, ad esempio, l'organizzazione di exhibition virtuali fra musei che rendono accessibili in remoto le proprie opere garantendo il mantenimento e la protezione della proprietà dell'opera e dei suoi contenuti al museo di appartenenza, ed evitando i rischi e i costi di movimentazione delle opere.

## 8.4 Scenario 2: Gestione flussi visitatori inter/intra museo

Un tipico scenario IoT in ambito museale è rappresentato dalla gestione dei flussi di visitatori sia all'interno del singolo museo, sia a livello cittadino. I benefici derivanti da una gestione automatizzata e coordinata dei flussi di visitatori sono molteplici. Dal punto di vista del museo permetterebbe un controllo in tempo reale del numero di persone nelle diverse stanze unito al monitoraggio dei parametri ambientali al fine del corretto mantenimento delle opere, inoltre

consentirebbe una più efficiente gestione del flusso di visitatori all'interno del museo con un conseguente beneficio per il turista stesso. A livello inter-museale, invece, la possibilità di avere informazioni sullo stato delle code di visitatori in entrata ai musei può essere sfruttata a livello cittadino per deviare, tramite suggerimenti puntuali, flussi di turisti in altri siti della città, integrando anche la gestione delle prenotazioni e delle visite guidate.

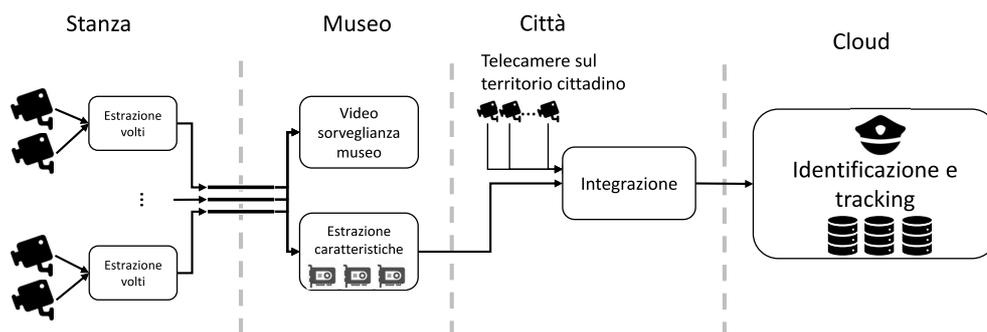
La realizzazione di questo scenario applicativo in un'architettura di fog computing prevede l'utilizzo di risorse fog presenti sia a livello di museo che a livello urbano. A livello museale, ogni stanza è equipaggiata con sensori ambientali (temperatura, umidità, ecc.), sensori di presenza e telecamere; il nodo fog di stanza ha il compito di integrare e aggregare le informazioni eterogenee che provengono dai sensori della stanza fornendone in tempo reale lo stato. Tali informazioni vengono inviate ai dispositivi del personale museale presente nella stanza il quale può tempestivamente bloccare l'accesso qualora si verificino condizioni di sovraffollamento o di violazione delle condizioni ambientali per il corretto mantenimento delle opere. A livello di museo il nodo fog ha il compito di aggregare e processare le informazioni provenienti dai nodi fog delle singole stanze al fine di avere una visione completa ed aggiornata dell'intero sito museale. Questa conoscenza consente di coordinare i flussi di visitatori evitando congestioni e situazioni di pericolo. Le informazioni possono essere utilizzate anche per gestire l'accesso dei turisti al museo fornendo stime precise dei tempi di attesa e suggerendo percorsi di visita.

Le informazioni elaborate da ogni museo vengono raccolte ed integrate dal nodo fog a livello di città fornendo una visione complessiva e aggiornata in tempo reale dello stato dei siti museali dell'intera città. Queste informazioni possono essere ulteriormente integrate con altri servizi municipali, ad esempio la viabilità sia automobilistica che pedonale e il trasporto pubblico, al fine di gestire i flussi di visitatori a livello cittadino suggerendo percorsi alternativi, limitando fenomeni di congestione ed offrendo una migliore esperienza di visita della città.

Infine, i dati raccolti vengono inviati al cloud per essere immagazzinati ed ulteriormente elaborati tramite strumenti di data mining e Big-Data con l'obiettivo di analizzare l'andamento del turismo al livello urbano/regionale e guidare interventi atti al miglioramento dell'esperienza di visita.

## **8.5 Scenario 3: Video sorveglianza e pubblica sicurezza**

Le applicazioni di video sorveglianza e di pubblica sicurezza sono esempi di applicazioni verticali che coinvolgono tutti i livelli descritti in Figura 8.3. L'unicità di questo scenario applicativo risiede in diversi fattori tra cui gli elevati standard di sicurezza ed affidabilità richiesti al fine di preservare da un lato la privacy dei visitatori, dall'altro l'efficacia del sistema stesso. Tali requisiti si estendono ad a tutti gli elementi costitutivi dell'architettura fog che concorrono alla realizzazione dell'applicazione. I singoli nodi fog devono



**Figura 8.5:** Architettura di un sistema di video sorveglianza e pubblica sicurezza

garantire l'isolamento e l'integrità dei dati e delle funzionalità dei moduli dell'applicazione; la rete deve garantire la totale sicurezza ed isolamento delle comunicazioni tra i moduli dell'applicazione. In questo scenario la separazione tra orchestratori di livello core e foglia è meno marcata a causa dell'elevata sicurezza richiesta, infatti per questo tipo di applicazioni è plausibile la presenza di unico tenant, o di una federazione di tenant che condividano stringenti politiche di controllo sugli accessi alle risorse condivise.

Dal punto di vista architetturale ogni stanza è equipaggiata con una o più telecamere di video sorveglianza (Figura 8.5) che producono ciascuna un flusso di video che viene intercettato dal nodo fog di stanza che ha il duplice compito di effettuare una prima elaborazione dell'immagine atto ad identificare le porzioni di immagine che contengono volti di persone e inoltrare il flusso video alla sala di video sorveglianza del museo. Il nodo fog di livello museo ha il compito di raccogliere i dati processati dei nodi fog di stanza ed applicare su di essi sofisticati algoritmi di elaborazione delle immagini al fine di estrarre le caratteristiche dei volti per una loro identificazione. A questo livello è richiesta una capacità computazionale maggiore e l'utilizzo di acceleratori HW come GPU a supporto degli algoritmi di elaborazione di immagine. I nodi fog a livello di città raccolgono e integrano le elaborazioni dei nodi fog dei musei con i dati delle telecamere disseminate sul territorio cittadino e provvede all'invio di tutti questi flussi verso il cloud dove verranno applicate tecniche di identificazione e tracking di individui utilizzando le basi di dati delle forze di polizia.

## 8.6 Stato dell'arte

Fog computing è un'idea relativamente recente (l'introduzione del termine fog computing risale al 2012 [Bonomi et al., 2012]), ma ciò nonostante esiste una vasta letteratura sull'argomento e una intensa attività di ricerca e sviluppo da parte di system integrator, telco operator e internet service provider. Sono disponibili alcune rassegne ben organizzate e complete che segnaliamo qui [Mouradian et al., 2017, Bellavista et al., 2018]. Lo sviluppo tecnologico, le

soluzioni e gli standard di riferimento sono oggi principalmente guidati dalle attività di alcuni consorzi e organizzazioni di standardizzazione internazionali. Fra questi, i principali sono OpenFog Consortium, consorzio fra le principali imprese del settore che promuove una architettura fog aperta e soluzioni verticali; ETSI-MEC, che fa leva sulle tecniche di Network Function Virtualization (NFV) per favorire lo sviluppo di soluzioni fog a livello sia di Radio Access Network (RAN) che di rete core in una rete 5G; Industrial Internet Consortium (IIC)<sup>4</sup>, che si occupa principalmente di Industria 4.0 e di portare use case industriali in un dominio fog.

## 8.7 Conclusioni e sfide aperte

Ci sono forti motivazioni che hanno portato all'introduzione delle tecniche di fog computing e forti sono i benefici che si possono ottenere. Ci sono anche alcune criticità, sia tecnologiche che non, aperte e da superare. Le sfide tecniche riguardano i meccanismi software e gli algoritmi necessari al controllo e condivisione di nodi fog in un sistema distribuito. La dispersione del calcolo e del controllo, intrinseca al fog computing, incrementa considerevolmente la complessità di gestione dell'infrastruttura. Tale aspetto diventa tanto più critico quanto maggiori sono le dimensioni, in termini sia di servizi offerti e dispositivi connessi, sia spaziali e territoriali (come è il caso, ad esempio, del dominio applicativo del turismo culturale). Ridurre la complessità è una priorità in questi casi. Più specifico per il dominio IoT, la capacità di offrire funzioni di discovery del servizio e auto-configurazione dei dispositivi terminali assume grande rilievo poiché consente alle organizzazioni una gestione e pianificazione flessibile del proprio sistema locale di IoT. Infine, la sicurezza fisica e strutturale dei nodi fog va incrementata per proteggerli da manomissioni e infrazioni.

Lo sviluppo e la diffusione del fog computing coincide con tre importanti tendenze nel panorama ICT. Una tendenza è legata alla progressiva “softwarizzazione” della rete, e in particolare alle tecniche di Software Defined Networking (SDN) e al Network Function Virtualization (NFV) che, come abbiamo anticipato, sono legate alla stessa infrastruttura virtualizzata del fog computing. La seconda tendenza riguarda la comunicazione wireless a bassissima latenza (inferiore a 1 msec.) il cui interesse è in parte legato all'emergere di applicazioni basate su sensori tattili. Entrambe queste tendenze sono elementi chiave della futura rete 5G che è dunque da considerare il partner naturale dell'evoluzione del fog computing. L'ultima tendenza da considerare riguarda il continuo sviluppo dei dispositivi mobili personali che costituiscono l'estrema periferia del fog computing e le cui capacità di calcolo interne sono in continua crescita, ma anche condizionate da limiti fisici e strutturali quali il peso, le dimensioni, il tempo di vita della batteria e la dissipazione di calore. Per loro il fog computing offre una facile amplificazione di capacità e potenza in prossimità.

---

<sup>4</sup> Industrial Internet Consortium: <https://www.iiconsortium.org/>

Riguardo temi più connessi al mercato delle soluzioni che a quello puramente tecnologico, il fog computing è, in questa fase, in attesa della *killer application*, quella che giustifica investimenti per lo sviluppo di servizi e tools di piattaforma da riusare nelle varie installazioni. Queste comprendono, ad esempio, fog node discovery, auto-diagnostica e maintenance dei dispositivi IoT, just-in-time provisioning di servizi, migrazione e hand-off di macchine virtuali, etc.. In questo ambito è molto attivo il consorzio OpenStack<sup>5</sup> con OpenStack++, un derivato della nota piattaforma di cloud computing. La domanda che ci poniamo ora è: l'innovazione di servizi legati al turismo culturale descritti in questo documento potrà fornire la spinta al consolidamento tecnologico e di mercato del fog computing?

## Riferimenti bibliografici

- [Bellavista et al., 2018] Bellavista, P., Berrocal, J., Corradi, A., Das, S. K., Foschini, L., and Zanni, A. (2018). A survey on fog computing for the internet of things. *Pervasive and mobile computing*.
- [Bonomi et al., 2012] Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., and Addepalli, S. (2012). Fog computing and its role in the internet of things. In *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing*, pages 13–16. ACM.
- [ETSI, 2014] ETSI, M. (2014). Mobile edge computing - introductory technical white paper. Technical report, ETSI.
- [Mouradian et al., 2017] Mouradian, C., Naboulsi, D., Yangui, S., Glitho, R. H., Morrow, M. J., and Polakos, P. A. (2017). A comprehensive survey on fog computing: State-of-the-art and research challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(1):416–464.

---

<sup>5</sup> OpenStack: <https://www.openstack.org/>

# Capitolo 9

## Digitalizzazione, visual media e presentazione in realtà aumentata e virtuale

Roberto Scopigno

### 9.1 Introduzione

Obiettivo di questo contributo è fornire una breve introduzione alle tecnologie per la gestione degli strumenti di comunicazione visiva ed interattiva. Il concetto di *dati visuali* (*visual media*) comprende qualsiasi tipo di rappresentazione digitale di opere, monumenti o beni culturali comunicata in modo visuale, vale a dire: le immagini 2D convenzionali (sia ad alta risoluzione che ad alta gamma dinamica - HDR), le tipologie di immagini avanzate (immagini re-illuminabili RTI o immagini panoramiche/360), i modelli 3D ed i video. Pertanto, con il termine *visual media* ci si riferisce a tutti i media che possono contribuire ad una moderna gestione dei Beni Culturali (BBCC) o delle applicazioni di supporto al turismo.

La molteplicità di tipologie di rappresentazione apre numerose problematiche riguardo a come gestirle in modo adeguato ed efficiente, sfruttando le diverse opportunità messe a disposizione dal progresso della tecnologia ICT. Mentre la complessità della fase di digitalizzazione si è molto ridotta nel corso degli ultimi anni, così come la gestione della condivisione di tali dati mediante la loro pubblicazione in maniera facile ed efficiente su web, un compito ancora abbastanza complesso da gestire è l'integrazione di tali dati in applicazioni di fruizione o analisi interattiva, come cerchiamo di descrivere nel seguito.

### 9.2 Stato dell'arte delle tecnologie abilitanti

Questa sezione ha l'obiettivo di descrivere succintamente alcune tecnologie abilitanti, notevolmente consolidate negli ultimi due decenni, che rendono le tecniche di presentazione visuale ed interattive importanti strumenti di lavoro nel settore delle applicazioni ai Beni Culturali ed al turismo [Styliani et al., 2009]. Una prima caratterizzazione si basa sull'organizzazione in fasi del processo di

sviluppo di una installazione multimediale, di una applicazione di Realtà Virtuale (VR) o Realtà Aumentata (AR) o di una app di ausilio al turismo:

- fase di digitalizzazione, orientata alla produzione dei contenuti grezzi multimediali da usare successivamente come mattoni di base nella realizzazione di contenuti ed applicazioni;
- fase di sviluppo di app o di installazioni interattive, in cui si useranno una serie di tecnologie di presentazione visuale ed interazione mediante i relativi strumenti di sviluppo.

### 9.2.1 Tecnologie per la digitalizzazione 3D

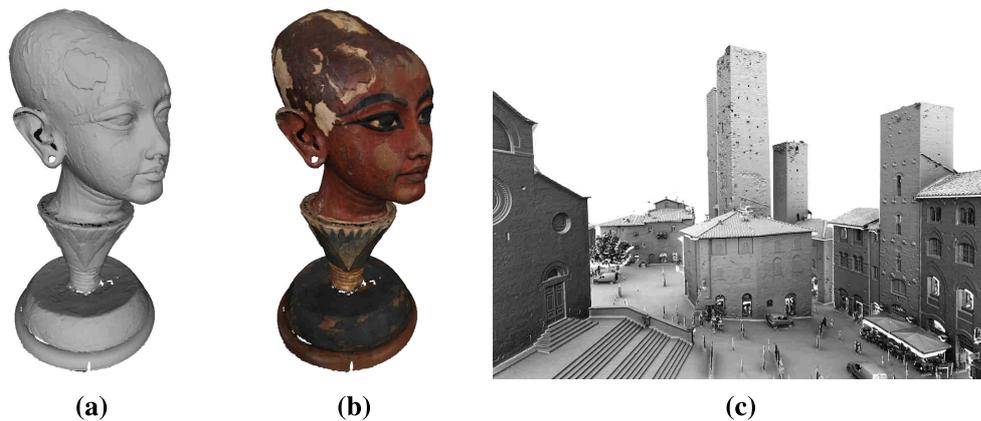
L'uso di rappresentazioni 3D è oramai abbastanza comune nel settore dei BBCC. È bene partire menzionando una prima differenziazione tra le molteplici modalità di produzione dei modelli 3D:

- *modelli 3D campionati*, di solito prodotti con scansione attiva 3D (in genere tecnologie ottiche o basate su sonar nel caso di acquisizioni sottomarine) o con metodologie passive image-based (produzione di modelli 3D da insiemi di immagini 2D);
- *rappresentazioni 3D modellate in modo manuale*, prodotte usando i sistemi di modellazione 3D e computer animation.

Nel contesto delle applicazioni professionali per i beni culturali (studio dell'opera, documentazione di restauro, documentazione archeologica) la modalità di lavoro più comune è quella dei modelli campionati, dal momento che tali modelli forniscono molto più controllo sulla precisione della rappresentazione rispetto alle alternative rappresentazioni modellate a mano. Per applicazioni orientate invece alla divulgazione od alla realizzazione di video in computer animation è invece più comune l'uso di strumenti di modellazione manuale.

Una specificità del dominio delle applicazioni ai beni culturali è la scala molto ampia a cui si deve operare in documentazione e digitalizzazione: dalle opere di piccola scala (il reperto di pochi centimetri) fino ad un sito archeologico (migliaia di metri quadrati) od una intera città. Pertanto, non è possibile ipotizzare l'uso di un unico strumento di digitalizzazione, ma si deve fare riferimento ad una serie di tecnologie e relativi strumenti, ognuno dei quali ha un preciso campo di applicazione ideale e produce risultati estremamente caratterizzati riguardo alle potenziali applicazioni.

Le tecnologie di *scansione attiva* si basano sull'uso di strumenti hardware di digitalizzazione 3D (a triangolazione ottica o a tempo di volo/phase shift). In entrambi i casi lo strumento di acquisizione produce una illuminazione strutturata e nota (i sistemi disponibili usano laser o luce bianca) e calcola la geometria della porzione di superficie visibile dal sensore (una video camera o un rilevatore ottico) lavorando sulla riflessione del segnale luminoso. I sistemi di scansione 3D attiva [Blais, 2004, Sansoni et al., 2009] ritornano nuvole di punti campionati (*range map*) contenenti ognuna alcuni milioni di punti; tali nuvole di punti devono



**Figura 9.1:** Un esempio di modello 3D digitalizzato con uno scanner 3D a triangolazione, visualizzato solo in geometria (a) o con il mapping dell'attributo colore (b); nell'immagine (c) un esempio di porzione di centro urbano acquisito con tecnologia di scansione 3D attiva TOF.

essere successivamente processate per trasformarle in un modello completo, non ridondante e triangolato [Bernardini and Rushmeier, 2002, Callieri et al., 2011]. Due esempi di risultati ottenuti con queste tecniche sono presentati in Figura 9.1. Per la copertura completa di una architettura o una singola opera sono in genere necessarie decine o centinaia di acquisizioni singole, con una complessità del modello finale risultante dell'ordine delle decine o centinaia di milioni di punti o triangoli 3D.

Le *tecnologie passive image-based* per la digitalizzazione 3D sono enormemente migliorate nel corso degli ultimi anni [Furukawa and Hernandez, 2015, Koutsoudis et al., 2014]. Nei metodi di ricostruzione 3D *image-based* (detti anche fotogrammetrici o Structure from Motion, SfM) il modello è ricostruito a partire da un set di immagini 2D, usualmente molto denso e con grande sovrapposizione tra le varie immagini. Un processo software riconosce punti di feature (ossia punti caratteristici, facilmente riconoscibili, come angoli di finestre o macchie sulla superficie) presenti nelle immagini e ricostruisce le relazioni che legano tutte queste feature, mettendole in corrispondenza tra loro. A partire da questi dati (feature e collegamenti tra feature), ricostruisce la direzione di ripresa di ogni immagine e produce una immagine range per ognuna delle immagini 2D di partenza. Il successivo processo di ricostruzione del modello 3D completo è molto simile a quello usato nel caso della scansione attiva (merge e ricostruzione globale dalle immagini range).

La qualità di queste tecniche è migliorata in modo impressionante negli ultimi anni, grazie al progresso delle tecniche di Computer Vision ed all'aumento di qualità e risoluzione delle fotocamere digitali. Un vantaggio dell'approccio *image-based* è che i modelli 3D possono essere ricostruiti a partire da semplici collezioni di immagini, non richiedendo costosi device di scansione attiva. Ovviamente, essendo basato su riconoscimento ed accoppiamento di feature, questa metodica non funziona in modo ottimale ove non siano presenti feature

facilmente individuabili (ad es. le pareti a colorazione uniforme degli edifici moderni o degli interni).

### 9.2.2 Tecnologie per la digitalizzazione di altri media 2D

Le immagini 2D sono molto usate dalle applicazioni ai BBCC e di conseguenza abbiamo a disposizione una molteplicità di dati (anche open), a volte di qualità molto alta. Mentre le comuni immagini 2D sono un medium completamente integrato con le tecnologie web sin dalla loro nascita, ci sono alcuni aspetti che mettono in luce la mancanza di soluzioni standard facilmente usabili a scopo di archiviazione e visualizzazione.

La maggior parte delle immagini prodotte al giorno d'oggi sono ad alta o altissima risoluzione, grazie all'impressionante evoluzione della fotografia digitale ed all'uso di riprese multiple poi unificate via software (*image stitching*<sup>1</sup>). Nel caso di immagini ad alta o altissima risoluzione (si parla nell'ultimo caso di immagini misurabili in Giga-pixels) la visualizzazione sul web può essere difficile, a causa della quantità di dati che devono essere trasmessi prima che il browser sia in grado di presentare visivamente l'immagine. A tal fine, sono disponibili approcci basati sul concetto di rappresentazione multi-risoluzione<sup>2</sup> (in genere, immagini piramidali).

Le immagini *High Dynamic Range (HDR)* permettono di ottimizzare la resa in contesti in cui l'illuminazione del campo di ripresa sia molto differenziata, ossia preveda zone scurissime e zone estremamente illuminate [Reinhard et al., 2006]. Le immagini HDR sono prodotte combinando immagini scattate con diverse esposizioni (f-stop), al fine di acquisire una maggiore gamma dinamica e fornire una migliore rappresentazione di zone buie e male illuminate. Il settore dei BBCC e gli ambienti urbani sono un settore ideale per l'acquisizione ed uso di immagini HDR.

Le *immagini panoramiche*, anche dette a 360 gradi, sono ormai una risorsa molto comune. Apparse inizialmente su piattaforma Apple QuickTimeVR, hanno riscosso grande diffusione dopo la loro adozione nel sistema Google StreetView<sup>3</sup>. Le immagini panoramiche sono estremamente adatte per la presentazione visuale di ambienti complessi (architetture, musei, siti archeologici), anche su visori Head Mounted Display (HMD). Una caratteristica positiva è anche la semplicità e velocità di acquisizione. Esistono numerosissimi esempi di uso di immagini panoramiche nel contesto dei beni culturali (molti musei adottano questo

---

<sup>1</sup> Per una descrizione della tecnica di Stitching: <https://it.wikipedia.org/wiki/Stitching>

<sup>2</sup> Alcuni esempi di sistemi che adottano rappresentazioni multirisoluzione per la gestione di immagini ad alta risoluzione:

XLImage di Centrica ([https://www.centrica.it/en/portfolio\\_page/xlimage/](https://www.centrica.it/en/portfolio_page/xlimage/)),

Google Maps (<http://maps.google.com>),

Visual Media Service di CNR-ISTI (<http://visual.ariadne-infrastructure.eu/>).

<sup>3</sup> <https://www.google.com/streetview/>

formato per supportare funzionalità di visita virtuale su web<sup>4</sup>). Lo stato degli strumenti commerciali per l'acquisizione e la presentazione visiva di immagini panoramiche è molto ben consolidato<sup>5</sup>.

I *video panoramici* (anche detti sferici, immersivi o 360) sono una diretta estensione delle immagini panoramiche, resi possibili da dispositivi di acquisizione video che per ogni frame acquisiscono una immagine panoramica<sup>6</sup>. Durante la visione del video l'utente ha la possibilità di cambiare a piacere l'orientamento della camera; forniscono un eccellente grado di immersività quando accoppiati con i visori HMD.

Le immagini re-illuminabili, o a illuminazione variabile (*Reflection Transformation Imaging*<sup>7</sup>, RTI) permettono di acquisire non solo il colore apparente, ma anche le proprietà di riflessione della superficie su opere di struttura quasi-planare [Malzbender et al., 2001]. Ciò è particolarmente utile per oggetti caratterizzati da materiali che presentano una complessa modalità di riflessione della luce o la cui superficie contenga molti dettagli a piccola scala o ridotta altezza del rilievo. Il vantaggio di questa rappresentazione è la possibilità di cambiare in tempo reale (cioè in visualizzazione) la direzione di incidenza della luce sull'immagine, mettendo a disposizione modalità di analisi visiva avanzate dei dettagli e dei materiali dell'opera. Le immagini RTI sono generate acquisendo una serie di scatti con camera fissa su cavalletto, variando per ogni scatto la direzione di illuminazione. Una RTI codifica i dati acquisiti in modo compatto, definendo per ogni pixel una funzione di riflettanza dipendente dalla direzione di incidenza della luce (nota al tempo reale della visualizzazione interattiva). A livello di acquisizione si può lavorare sia con sistemi ad hoc (dome con illuminanti calibrati) che muovendo l'illuminante a mano libera (la posizione dell'illuminante è calcolata mediante inserimento nella scena ripresa di una sfera riflettente), vedi Figura 9.2. Immagini RTI sono state applicate con successo in molte applicazioni BBCC: la documentazione di collezioni di monete<sup>8</sup>, di tavolette cuneiformi, di iscrizioni, di bassorilievi, di dipinti e di gioielli. Inoltre, le immagini RTI danno la possibilità di acquisire in qualità materiali che spesso presentano difficoltà di digitalizzazione con le usuali tecnologie di scansione 2D/3D, come superfici molto riflettenti (oro, argento, metalli molto lucidi) o semi-trasparenti (vetro, cristallo, gemme).

Tornando al tema della creazione dei video, una metodica oggi molto importante è quella che fa uso di *droni*, che permettono di acquisire foto e video con grande facilità e da posizioni di ripresa impossibili da realizzare con le normali riprese dal suolo. Dati prodotti da droni hanno un immediato impiego nella realizzazione di campagne di digitalizzazione 3D (rielaborando le

---

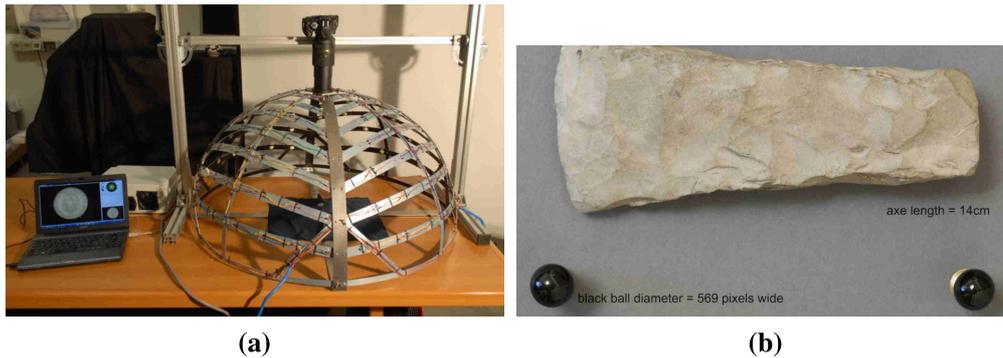
<sup>4</sup> Per un esempio di vista virtuale (immagini 360): Museo Louvre, Parigi <https://www.youvisit.com/tour/louvremuseum>

<sup>5</sup> Per una guida all'acquisizione di immagini panoramiche si consulti: <https://www.panoramic-photo-guide.com/camera-to-shoot-panorama.html>

<sup>6</sup> Introduzione ai video panoramici: [https://en.wikipedia.org/wiki/360-degree\\_video](https://en.wikipedia.org/wiki/360-degree_video)

<sup>7</sup> Introduzione alla tecnica RTI: <http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>

<sup>8</sup> Per un esempio di uso e visualizzazione su web di immagini RTI: <http://vcg.isti.cnr.it/PalazzoBlu/>



**Figura 9.2:** Il sistema di acquisizione RTI dome-based sviluppato da CNR-ISTI (a), con illuminanti multipli e calibrati all'interno del dome); in (b) invece un esempio di campo di acquisizione in il calcolo della direzione di illuminazione è realizzato mediante sfere riflettenti, visibili ai due estremi in basso dell'immagine (immagine prodotta da Cultural Heritage Imaging, <http://culturalheritageimaging.org/>).

immagini riprese con tecniche SfM), così come per la produzione di video da usare in supporto al turismo ed alla documentazione.

Infine, un media importante è costituito dai filmati in *computer animation* creati a partire dai modelli digitali. Anche in questo settore l'evoluzione tecnologica è stata notevole, grazie agli investimenti dell'industria cinematografica. Creare filmati in computer animation è cosa possibile ma non semplice (richiede sia esperienza nell'uso degli strumenti di animazione digitale che di regia e linguaggio cinematografico). Numerose realizzazioni create sia per produzioni televisive che per musei e usi didattici hanno ampiamente dimostrato le potenzialità di questa modalità di comunicazione, che da un lato riduce o annulla la possibilità di interazione dell'utente, ma dall'altro permette di fornire dei contenuti di alta qualità visiva ed attentamente studiati dal punto di vista comunicativo. Alcuni esempi di video in animazione sui temi dei BBCC prodotti da CNR-IBAM sono accessibili su: <https://www.youtube.com/user/GABELLONE66>

### 9.2.3 Tecnologie per la visualizzazione su web e su device mobili

Il web è oramai il principale veicolo di distribuzione e condivisione di informazione e conoscenza. Ciò è vero anche e soprattutto per la disseminazione dei dati e delle informazioni relative ai BBCC (vedi i vari siti web di musei o strumenti come Wikipedia) e per le applicazioni orientate al turismo.

Solo recentemente, qualche anno dopo l'introduzione della libreria WebGL<sup>9</sup>, è stato possibile integrare contenuti 3D in normali pagine web, visualizzate dai comuni web browser. Sono state proposte diverse piattaforme per la pubblicazione su web di modelli 3D, sia di tipo commerciale che open source.

<sup>9</sup> WebGL (OpenGL ES for the Web) è l'API grafica 3D per il web, rilasciata nel 2009 <https://www.khronos.org/webgl>

Tra le prime, la più diffusa è *Sketchfab*<sup>10</sup>, che supporta sia la pubblicazione che la visualizzazione di modelli 3D su web. Sketchfab ha di fatto replicato per i modelli 3D l'approccio YouTube per la pubblicazione su web di video.

Nel mondo open source, una proposta simile è il *Visual Media Service*<sup>11</sup> sviluppato da CNR-ISTI [Ponchio et al., 2015]. Analogamente a Sketchfab, Visual Media Service supporta in modo semplice la pubblicazione su web (sia di dati open che ad accesso ristretto). Le sue caratteristiche principali sono la gestione di media diversi (non solo 3D, ma anche immagini ad alta risoluzione e immagini RTI) e la gestione di dati complessi mediante sofisticate soluzioni multi-risoluzione.

Sistemi di pubblicazione su web e visualizzazione del tutto automatizzati (come Sketchfab o Visual Media Service) soddisfano una larga porzione dell'utenza, ma non possono essere esaustivi per tutte le necessità operative. Possono riscontrarsi molte tipologie d'uso in cui un visualizzatore standard minimale non riesce a servire al meglio le specifiche necessità dell'utenza. A tal fine sono state definite alcune piattaforme, funzionalmente più complesse, che garantiscono un ben maggior grado di configurabilità e un insieme di funzionalità più avanzate, come ad esempio *X3DOM* [Behr et al., 2009] e *3DHOP*<sup>12</sup> [Potenziani et al., 2015]. Un requisito di questi strumenti per la visualizzazione su rete di modelli 3D è la capacità di gestire l'alta complessità dei modelli 3D, garantendo una visualizzazione fluida e la generazione di immagini di buona qualità anche in presenza di velocità di trasmissione su rete non troppo performanti [Fernandez-Palacios et al., 2017]. A tal fine, un visualizzatore web di qualità deve fornire strumenti di rappresentazione multi-risoluzione, di gestione della compressione e decompressione dei dati trasferiti su rete e di rendering view-dependent [Ponchio and Dellepiane, 2016]. Idealmente, visto che possiamo creare modelli 3D estremamente complessi e dettagliati, non è auspicabile doverli ridurre in qualità ed accuratezza al fine di renderli fruibili su web. Le moderne tecnologie di ottimizzazione multirisoluzione dei dati permettono di gestire in tempo reale modelli di centinaia di milioni di triangoli su reti standard (G4) [Ponchio and Dellepiane, 2016]. 3DHOP [Potenziani et al., 2015] è un esempio di questo tipo di piattaforme (vedi Figura 9.3).

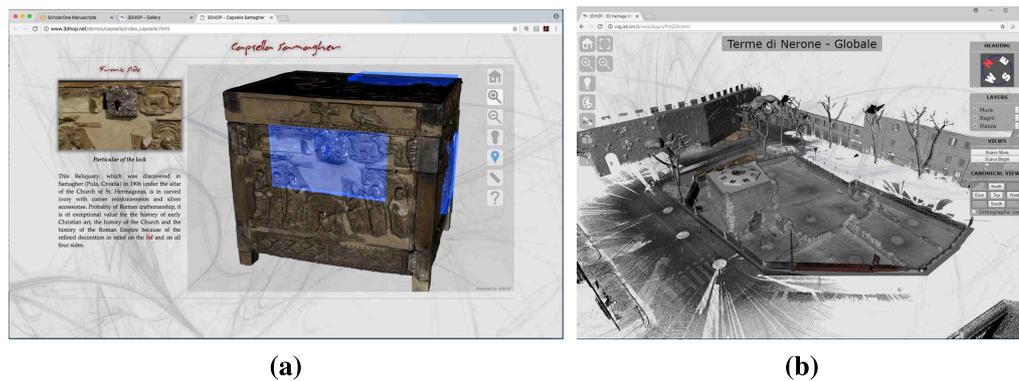
I *device mobili* (cellulari o tablet) offrono notevoli potenzialità per la disseminazione di temi culturali e per il supporto al turismo. Gli ovvi svantaggi (consumo della batteria, assenza di schede grafiche evolute e dimensione ridotta dello schermo nel caso dei cellulari) sono ampiamente bilanciati dalla comodità di uso, dalla disponibilità ubiqua di uso e di reperimento di contenuti, dalla possibilità di integrazione con un enorme numero di app ed infine dalla dotazione nativa di sofisticati sensori utili per lo sviluppo di applicazioni e per la gestione dell'interazione. Le caratteristiche hardware dei device mobili li rendono piattaforme ideali per lo sviluppo di applicazioni che lavorano con media multimediali, soprattutto immagini o video.

---

<sup>10</sup> <https://sketchfab.com>

<sup>11</sup> <http://visual.ariadne-infrastructure.eu/>

<sup>12</sup> <http://3dhop.net/>

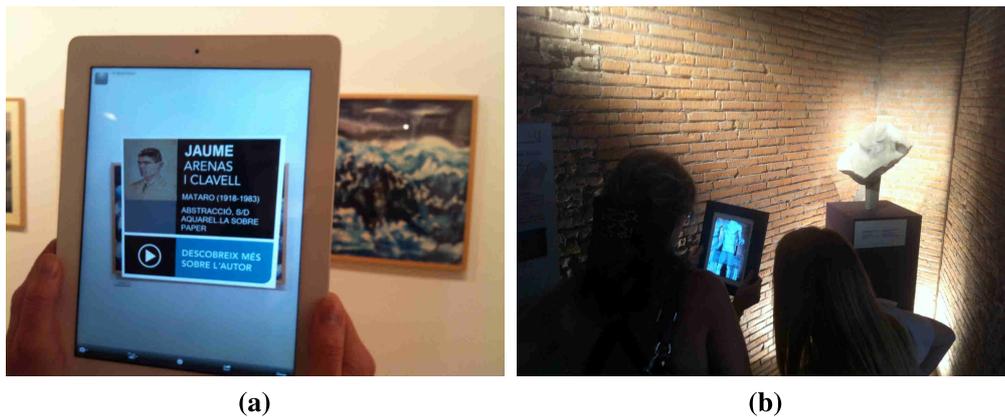


**Figura 9.3:** Alcuni esempi di modelli presentati su web mediante 3DHOP: (a) presentazione interattiva della Capsella Samagher (Museo Archeologico Venezia); (b) un modello architettonico dei Bagni di Nerone, Pisa (rappresentato mediante nuvola di punti e elementi geometrici triangle-based).

La necessità di sviluppare applicazioni dedicate emerge ove sia necessario introdurre una interfaccia di navigazione più sofisticata (va notato che sui device mobili non si ha disponibilità dei classici device di input/output, quali mouse o pad da console per videogiochi). Prendiamo ad esempio il caso di una applicazione che voglia permettere la visita virtuale di un ambiente rappresentato in 3D: in assenza di device di input/output specifici, si dovrà gestire l'interazione con lo spazio 3D in modo semplificato (o usando i sensori inerziali e di orientamento presenti sui dispositivi). Alcune proposte adottano approcci in cui sia previsto un percorso di visita predefinito, sul quale il visitatore virtuale si può spostare avanti o indietro, mentre la scelta della direzione di vista nell'ambiente virtuale può essere semplicemente realizzata ruotando il device nello spazio [Malomo et al., 2015]; in questo modo il device diviene una vera finestra virtuale sullo spazio rappresentato<sup>13</sup>.

Device mobili sono stati utilizzati anche per realizzare applicazioni di Realtà Aumentata. In questo caso il componente di acquisizione fotografica del device è usato per acquisire immagini del mondo esterno (in tempo reale o seguendo un esplicito comando dell'utente); tali immagini sono processate in locale per riconoscere ed identificare l'oggetto o lo spazio inquadrato, derivare da questo riconoscimento informazioni sulla localizzazione dell'utente e sull'oggetto di interesse ed infine veicolare all'utente informazione specifica [Amato et al., 2015]. Un paio di esempi sono riportati in Figura 9.4: nel primo caso, la comprensione automatica di quale sia l'oggetto di interesse permette di fornire all'utente informazione descrittiva sull'opera (in questo caso la relativa pagina Wikipedia); nel secondo caso, permette di allineare all'immagine reale una immagine che riporta il restauro o il completamento virtuale dell'opera (realizzato mediante l'app *Artifact* di Fraunhofer IGD [Vanoni et al., 2012, Pescarin, 2014]). In entrambi i casi, il componente software di base per l'implementazione sono le metodolo-

<sup>13</sup> Un video del sistema descritto disponibile all'indirizzo:  
<https://www.youtube.com/watch?v=gIDM9Y3Syj8>



**Figura 9.4:** Alcuni esempi di applicazioni in AR realizzate mediante device portatili: (a) una app del Museu de Mataró che riconosce i quadri esposti e produce link informativi alle corrispondenti risorse su pagine Wikipedia; (b) la app ARtifact del Fraunhofer IGD per la ricostruzione virtuale di oggetti frammentari o incompleti [Vanoni et al., 2012]. Entrambe le app sono realizzate mediante riconoscimento per contenuto visivo delle immagini acquisite in tempo reale dalla camera del dispositivo portatile.

gie di riconoscimento per contenuto su database di immagini (content-based search) [Amato et al., 2018]. Altri approcci fanno uso di marker (passivi o attivi) dislocati nella scena, di gestione più complessa soprattutto in esterno.

#### 9.2.4 Tecnologie per la presentazione virtuale e l'interazione

Con il concetto di *Virtual Reality* (VR) si intende un contesto in cui l'utente sia libero di navigare in uno spazio (generalmente rappresentato in 3D) e possa interagire con gli elementi in esso presenti. Nella *Augmented Reality* (AR) invece si realizza uno spazio in cui porzioni del mondo reale coesistono con elementi virtuali, garantendo un buon allineamento reale/virtuale anche durante i cambiamenti di vista [Bekele et al., 2018]. In entrambi i casi non si parla più di semplice visualizzazione o navigazione in uno spazio; i concetti di immersione ed interazione con gli oggetti presenti nella scena acquistano un significato preponderante [Carrozzino and Bergamasco, 2010]. Lo stesso concetto di immersione può essere non solo visuale, ma coinvolgere anche gli altri sensi. Le applicazioni virtuali (VR, AR) richiedono quindi sofisticati contesti hardware/software che realizzino modalità di output avanzate, garantiscano il tracking dell'utente e forniscano sistemi di gestione dell'interazione e dei relativi sensori [Bekele et al., 2018].

I sistemi immersivi di realtà virtuale hanno una lunga storia. I primi sistemi immersivi sono apparsi già nei primi anni '90 (sia CAVE, realizzati come delle piccole stanze sulle cui pareti proiettori multipli visualizzano la scena digitale in cui l'utente è immerso, che i visori HMD, ossia maschere indossabili con



**Figura 9.5:** (a) un esempio di installazione CAVE; (b) l'installazione ADMOTUM, un sistema semi-immersivo per realtà virtuale, a cura di Fanini et al, CNR-ITABC).

schermi miniaturizzati all'interno, che permettono di coprire l'intero campo visivo dell'utente).

Più recentemente, sono apparsi sistemi CAVE di costo contenuto, realizzati mediante hardware consumer e normali proiettori guidati da PC (vedi Figura 9.5). In alcuni casi, tecnologie di questo tipo sono state installate in laboratori di ricerca<sup>14</sup> così come in musei<sup>15</sup>, ma si deve dire con alterno successo. I principali svantaggi di questo approccio sono l'essere limitato alla fruizione di un solo osservatore alla volta e la complessità di setup e gestione (il visitatore deve essere cablato, per permettere al sistema di rilevare la sua posizione in tempo reale e di generare immagini, usualmente stereoscopiche, corrette rispetto alla sua posizione). Soprattutto in contesti museali l'introduzione di questo tipo di tecnologie risulta difficile, in quanto si deve prevedere un continuo supporto di personale che ne curi la gestione. Ad oggi, le poche success story riguardano solo l'uso nel contesto di mostre temporanee con installazioni create ad hoc per periodi brevi, spesso rese possibili da sponsorizzazioni significative o dal pagamento di biglietti specifici.

Una versione semplificata dell'approccio CAVE è costituita dai sistemi semi-immersivi o ibridi (e.g. un unico schermo, a destra in Figura 9.5b). Questi offrono un minor grado di immersività, ma anche costi e complessità di gestione più contenuti. Alcuni di questi sistemi cercano di ridurre la cablatura dell'utente, ad esempio evitando l'uso di sistemi attivi da indossare per il rilevamento della posizione mediante l'adozione di interfacce gesture-based, ossia in cui l'utente è ripreso da una telecamera o da un sistema attivo tipo Microsoft Kinect ed i suoi gesti riconosciuti dal sistema guidano la navigazione nel mondo virtuale [Fanini et al., 2018, Pietroni et al., 2013]. Gli utenti in genere apprezzano questa tipologia di sistemi, in quanto l'uso di interfacce gesture ha un sapore di fantascienza per l'utente naïve. Va però detto che uno svantaggio

<sup>14</sup> Un sistema CAVE è parte del laboratorio di visualizzazione scientifica della Scuola Normale Superiore di Pisa, <http://vis.sns.it/attivita/le-visite-al-cave-3d/>, video su <https://youtu.be/75IWnxaJiMc>

<sup>15</sup> Un esempio di installazione CAVE è presente al MAV di Ercolano, <http://www.museomav.it/>



**Figura 9.6:** (a) un esempio di visore per VR (HTC VIVE); (b) un visore per AR (Microsoft HoloLens).

nell'uso delle interfacce gestive è la mancanza di un consolidato linguaggio comune: ogni sistema usa un proprio set di gesti, richiedendo quindi una fase di addestramento e in alcuni casi una certa difficoltà d'uso e di fatica.

Un discorso diverso è quello dei *device HMD*, anche detti VR headset o visori smart glasses (Figura 9.6). I recenti progressi tecnologici hanno riguardato essenzialmente l'aumento di risoluzione, la riduzione dei costi e delle dimensioni dei display (spesso, si fa uso di display progettati su HW mutuato dai cellulari) ed il miglioramento dei sensori per il rilevamento dell'orientamento della testa dell'utente. Cospicui investimenti nel settore (iniziati da Google con il progetto Google Glass e seguiti da vari altri importanti attori dell'industria tecnologica) hanno originato un fiorire di proposte tecniche. Il settore ha avuto anche un'impressionante eco mediatica negli ultimi anni.

I sistemi HMD disponibili oggi si differenziano in due grandi classi: sistemi per VR (in cui il visore propone solo la visione di un mondo sintetico) e sistemi AR (il visore integra l'immagine del mondo reale esterno con contenuti sintetici).

Una seconda differenziazione è tra sistemi cosiddetti *tethered*, ossia connessi via cavo ad un potente PC dotato di scheda grafica GPU di gamma alta (ad es. Oculus Rift o HTC Vive), e sistemi *wireless*, che scaricano i dati via connessione wifi e hanno a bordo CPU analoghe a quelle dei cellulari (ad es. Microsoft HoloLens o il recente Oculus Go). Non è ancora chiaro se la tipologia di piattaforma vincente sarà la prima (maggior qualità della simulazione visiva) o la seconda (maggior semplicità nell'indossare ed usare il sistema). In ogni modo, il mercato delle unità HMD è in forte crescita (con una stima di 34 milioni di device venduti nel 2019). Recentemente, anche i produttori di alta gamma di sistemi tethered si stanno muovendo verso soluzioni untethered, integrando nei sistemi un hardware dedicato per la trasmissione del segnale video (p.e., HTC Vive Wireless Adapter<sup>16</sup>).

<sup>16</sup> <https://www.vive.com/us/wireless-adapter/>

## 9.2.5 Tecnologie per la produzione di applicazioni multimediali

L'insufficiente disponibilità di piattaforme condivise e sufficientemente generiche per la produzione e fruizione di contenuti è oggi forse il maggiore punto critico dell'intero settore della presentazione virtuale ed interattiva. La progettazione di installazioni o sistemi di VR non è assolutamente un compito semplice. Sono disponibili vari sistemi software, sia commerciali che open source, che assolvono a diverse funzionalità [Bekele et al., 2018], come ad esempio i toolkit per Augmented Reality (Wikitude, Vuforia, ARToolkit, Apple ARKit, etc.) o i sistemi per lo sviluppo di applicazioni VR (Unity 3D, Unreal, OpenSceneGraph, etc.). Ma in effetti non esiste a tutt'oggi una piattaforma standard, usabile per coprire l'intera gamma di azioni necessarie dalle applicazioni ai BBCC o al turismo. La portabilità dei contenuti e delle esperienze virtuali/interattive su più piattaforme di fruizione è un importante requisito funzionale, ancora non garantito dagli strumenti di authoring correnti. Questo aspetto si estende anche alla produzione di applicazioni più complesse quali i videogiochi educativi, che mirano al coinvolgimento del pubblico in modo più attivo ed emotivo durante l'esperienza culturale. Il coinvolgimento e l'immersione del visitatore si ottiene tramite molti fattori quali narrazione, grafica, usabilità, meccanismi di gioco e dispositivi interattivi. Questi videogiochi permettono ricostruzioni storiche molto accurate ed esperienze olistiche che includono il suono (una voce narrante o musica tradizionale) e gli odori, dando al visitatore la possibilità di vivere in prima persona usi e costumi dell'epoca [Mortara et al., 2014].

## 9.3 Tecnologie visuali e turismo culturale

Gli esempi di uso di tecnologie visuali nel contesto delle applicazioni ai Beni Culturali e del turismo sono molteplici e coprono contesti differenti [Dellepiane et al., 2011, Pescarin, 2014, Bekele et al., 2018]. Descriviamo qui sinteticamente due categorie esemplificative delle varie di esperienze di uso.

### 9.3.1 Scenario 1: Esperienze di uso di tecnologie virtuali ed interattive nella presentazione museale

Il settore e le relative esperienze di uso sono molto varie e coprono sia funzionalità che strumenti tecnologici molto diversi:

1. *Virtualizzazione del museo o delle opere esposte*, realizzata principalmente in due modi:
  - a. Digitalizzando in 3D alcune opere e fornendo in rete l'accesso ai modelli prodotti. Alcuni esempi sono: la digitalizzazione 3D e pubblicazione su web dei modelli realizzata dallo *Smithsonian Museum* (USA) in

- collaborazione con Autodesk, mediante visualizzatore Smithsonian X3D<sup>17</sup>; il progetto di digitalizzazione delle opere del *British Museum* (UK) e loro messa in rete mediante piattaforma Sketchfab<sup>18</sup>;
- b. Digitalizzando il museo, usualmente mediante tecniche di acquisizione di immagini panoramiche 2D, connesse in rete topografica e rese navigabili su web (in modalità analoga a quella realizzata da Google Street View). Un esempio è il già citato *Louvre in visita virtuale*<sup>19</sup>.
2. *Realizzazione di installazioni multimediali interattive*, possibilmente disponibili sia nel museo che su web (portabilità dei contenuti e delle esperienze). Alcuni esempi:
- a. L'installazione *Jackson Pollock's Alchemy in 3D* sviluppata da CNR-ISTI per il Guggenheim Museum di Venezia [Callieri et al., 2015], nel contesto di una mostra temporanea relativa all'opera ed al suo restauro<sup>20</sup>;
  - b. La presentazione museale e web di una collezione di monete, rappresentate mediante immagini RTI, realizzata per il *Museo Palazzo Blu*<sup>21</sup>, Pisa;
  - c. La presentazione virtuale tramite *proiezioni olografiche*, come realizzato da CNR-ICAR [Caggianese et al., 2018] al Museo Archeologico Nazionale di Napoli (MANN)<sup>22</sup>;
  - d. Infine, le installazioni multimediali che abilitano la *manipolazione libera di copie fisiche* dell'opera (realizzate con tecnologie 3D printing), nel caso anche sensorizzate o cablate al fine di poter guidare la presentazione visuale mediante la manipolazione fisica dell'opera clonata (*interfacce tangibili*). Sono state realizzate sia esperienze orientate ai disabili [Reichinger et al., 2011] che ai normo-dotati<sup>23</sup>.
3. *Realizzazione di installazioni in realtà virtuale*<sup>24</sup>. Alcuni esempi di queste realizzazioni sono:
- a. *Modigliani VR*: uso di tecnologia VR per visitare lo studio di Modigliani (1919) ricreato in digitale<sup>25</sup>, realizzato dalla TATE Gallery, London, UK;

---

<sup>17</sup> <https://3d.si.edu/>

<sup>18</sup> <https://sketchfab.com/britishmuseum>)

<sup>19</sup> <https://www.youvisit.com/tour/louvremuseum>

<sup>20</sup> <http://vcg.isti.cnr.it/alchemy> - video <https://www.youtube.com/watch?v=cUV8sqcnpM>

<sup>21</sup> <http://vcg.isti.cnr.it/PalazzoBlu/> - video <https://www.youtube.com/watch?v=0A3bzSk7VHw>

<sup>22</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=AILVGyZGKHU>

<sup>23</sup> <http://www.tooteko.com/>

<sup>24</sup> Sul tema vedere anche un recente lavoro pubblicato su WIRED ed intitolato "For museums, AR is the next frontier", [https://www.wired.com/story/museums-augmented-reality-next-frontier/?es\\_p=7622884](https://www.wired.com/story/museums-augmented-reality-next-frontier/?es_p=7622884)

<sup>25</sup> <https://www.tate.org.uk/whats-on/tate-modern/exhibition/modigliani/modigliani-vr-ochre-atelier> - video <https://youtu.be/JOWLtpArwFE>

- b. La virtualizzazione della *visita ad una tomba etrusca* realizzata per i Musei Vaticani<sup>26</sup>, Roma, nel contesto del progetto EC Etruscanning [Pietroni et al., 2013].
4. *Realizzazione di esperienze in realtà aumentata*. Alcuni esempi:
- a. Una app in modalità AR per device mobili realizzata dallo *U.S. Holocaust Memorial Museum*<sup>27</sup> (Washington, USA) che racconta le storie delle vittime dell'olocausto a partire dalle foto esposte (riconoscimento automatico delle foto per veicolare i contenuti associati);
  - b. L'installazione *Revealing Flashlight* sviluppata da INRIA (Francia), che realizza una visualizzazione in AR mappata direttamente sull'opera, ad esempio relativa ad un suo restauro virtuale selettivo<sup>28</sup>.

### 9.3.2 Scenario 2: Supporto alla visita di centri urbani e supporto al turista

Le tecnologie visuali e VR/AR giocano un ruolo importante anche nelle applicazioni di supporto al turismo [Kanellopoulos, 2010]. Nelle applicazioni al turismo si distinguono tre fasi temporali (e strumenti connessi): *pre-visita*, *durante la visita* e *post-visita*. E' da tempo aperto un dibattito sul possibile impatto negativo che le nuove tecnologie potrebbero avere sull'economia legata al turismo. Una delle questioni in discussione è se queste possano essere un ostacolo all'ampliamento del turismo culturale, ove le tecnologie di visita virtuale raggiungano livelli di qualità percettiva e soddisfazione del visitatore vicini a quelli della visita reale. Ma molti esperti sono convinti che la visita reale possieda un'aurea e delle capacità percettive non clonabili dalle tecnologie di presentazione virtuale (il valore esperienziale è una somma di tanti stimoli diversi, non la sola capacità di visualizzare un'opera o di navigare in un museo da virtuale). C'è anche ampio consenso sul fatto che le tecnologie digitali possano essere validi strumenti per pubblicizzare e incrementare il flusso turistico [Styliani et al., 2009]. Inoltre, è sempre più sentita la necessità di ridurre i flussi turistici generalizzati sui grandi poli di attrazione (musei o centri urbani) e, al contempo, ridirigere l'offerta sui centri minori. Su questo secondo obiettivo la virtualizzazione dei musei può giocare un ruolo importante, permettendo all'utenza di comprendere meglio il valore delle realtà meno famose e stimolare/riorientare la domanda turistica.

In ambito urbano si tende sempre più a far migrare il supporto alla visita dagli elementi fisici distribuiti sul territorio (cartellonistica, chioschi multimediali) alle risorse digitali veicolate via internet. Una possibilità è offerta dalle mappe

<sup>26</sup> <http://www.itabc.cnr.it/progetti/etruscanning> - <https://www.youtube.com/watch?v=6Xfe-4bbJg4> video

<sup>27</sup> Video [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=66&v=HHyYWLyi4Ik](https://www.youtube.com/watch?time_continue=66&v=HHyYWLyi4Ik)

<sup>28</sup> <https://hal.inria.fr/hal-00986905v2> - video [http://www.youtube.com/watch?v=RIsoe\\_nHA0](http://www.youtube.com/watch?v=RIsoe_nHA0)

interattive multimediali [Maiellaro and Varasano, 2017], che consentono di esplorare virtualmente il territorio e ottenere informazione sugli oggetti di interesse mediante link, che dalla mappa attivano immagini, tour virtuali, video e visualizzazioni 3D (ad es. <https://www.itc.cnr.it/ba/map/BRI/>). Inoltre, alcune specifiche app per device mobili hanno l'obiettivo di fornire al turista una serie di informazioni focalizzate sui suoi interessi e sulla sua localizzazione (rilevata automaticamente). In molte di queste app l'uso di tecnologia GPS è accoppiato a tecniche di riconoscimento automatico delle immagini, che permette al sistema di individuare non solo la localizzazione grossolana ma anche il contesto o il particolare inquadrato dal device dell'utente e quindi di fornirgli informazioni mirate (testi, audio ed elementi multimediali); tra queste, un esempio è il sistema VISITO [Amato et al., 2011]<sup>29</sup>. Un elemento chiave in questo contesto è integrare il più possibile gli strumenti di presentazione e narrazione degli aspetti culturali con le altre sorgenti di informazioni di interesse e garantire ove possibile la fruizione su più piattaforme, così come il permettere di collegarsi agli stessi contenuti da più piattaforme di fruizione.

## 9.4 Conclusioni e sfide aperte

Le potenzialità delle tecnologie correnti sono molteplici e in parte già concretizzate in applicazioni o strumenti disponibili sia agli sviluppatori che al pubblico. Il settore è in veloce evoluzione, sia a livello industriale che di ricerca accademica. Alcuni settori in cui sono prevedibili notevoli avanzamenti sono: le tecnologie HMD e relativi sensori; i sistemi di authoring e creazione di contenuti (ove è auspicabile sia una maggiore integrazione e interazione tra i diversi media di rappresentazione, che un processo di standardizzazione e creazione di piattaforme che favoriscano la condivisione di contenuti); lo sviluppo di interfacce multimodali di facile utilizzo; le tecnologie per la ricerca via similarità sia in spazio 2D che 3D [Biasotti et al., 2018]; i sistemi per un uso professionale delle tecnologie visuali nel settore dei BBCC, da inserire a pieno titolo nel contesto delle applicazioni di catalogazione, conservazione e restauro (come ad esempio i sistemi di monitoraggio strutturale real-time di edifici o strutture di interesse storico-artistico [Germanese et al., 2019]). Il settore dei musei potrebbe prendere un ruolo guida in questo settore tecnologico, ma dovrebbe adottare un approccio più cooperativo e standardizzato, al fine di generare utili sinergie ed economie di scala mediante una stretta cooperazione nello sviluppo di contenuti multimediali ed installazioni, od almeno adottando un approccio di condivisione dei contenuti multimediali di base (modelli 3D digitalizzati o immagini/video). Visto che ogni azione rivolta alla creazione di contenuti multimediali o installazioni interattive richiede la previa digitalizzazione (3D o 2D) di un insieme di opere, sarebbe auspicabile che i risultati di queste azioni non fossero dispersi, ma inseriti in un contesto più ampio di conservazione e

---

<sup>29</sup> <http://www.visitotuscany.it/index.php/en/home>

riuso dei modelli digitali. Ogni attività di digitalizzazione dovrebbe pertanto riversarsi in un repository pubblico (a livello regionale o nazionale) su cui potenziali utenti o direttamente le app di supporto al turismo possano ricercare contenuti grezzi riusabili, in una ottica di gestione open dei dati multimediali. Ciò non solo potenzierebbe le industrie culturali e sarebbe utile alle attività di studio e ricerca, ma potrebbe anche integrare il catalogo dei BBCC gestito dal MIBAC (in molti casi, ancora limitato a fotografie analogiche in bianco e nero).

## Riferimenti bibliografici

- [Amato et al., 2018] Amato, G., Bolettieri, P., Carrara, F., Falchi, F., and Gennaro, C. (2018). Large-scale image retrieval with elasticsearch. pages 925–928.
- [Amato et al., 2011] Amato, G., Bolettieri, P., and Falchi, F. (2011). Landmark recognition in visito: Visual support to interactive tourism in tuscany. page 61.
- [Amato et al., 2015] Amato, G., Falchi, F., and Gennaro, C. (2015). Fast image classification for monument recognition. *Journal of Computing and Cultural Heritage*, 8.
- [Behr et al., 2009] Behr, J., Eschler, P., Jung, Y., and Zöllner, M. (2009). X3dom: a dom-based html5/x3d integration model. In *Proceedings of the 14th International Conference on 3D Web Technology*, Web3D '09, pages 127–135, New York, NY, USA. ACM.
- [Bekele et al., 2018] Bekele, M. K., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E. S., and Gain, J. (2018). A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage. *JOCCH*, 11:7:1–7:36.
- [Bernardini and Rushmeier, 2002] Bernardini, F. and Rushmeier, H. (2002). The 3d model acquisition pipeline. *Comput. Graph. Forum*, 21:149–172.
- [Biasotti et al., 2018] Biasotti, S., Moscoso Thompson, E., and Spagnuolo, M. (2018). Experimental similarity assessment for a collection of fragmented artifacts. In *EG WS on 3D Object Retrieval*, pages 103–110. Eurographics.
- [Blais, 2004] Blais, F. (2004). Review of 20 years of range sensor development. *Journal of Electronic Imaging*, 13(1):231 – 243.
- [Caggianese et al., 2018] Caggianese, G., Gallo, L., and Neroni, P. (2018). Evaluation of spatial interaction techniques for virtual heritage applications: A case study of an interactive holographic projection. *Future Generation Computer Systems*, 81:516 – 527.
- [Callieri et al., 2011] Callieri, M., Dellepiane, M., Cignoni, P., and Scopigno, R. (2011). Processing sampled 3d data: reconstruction and visualization technologies. In Stanco, F., Battiato, S., and Gallo, G., editors, *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation*, pages 103–132. Taylor and Francis.
- [Callieri et al., 2015] Callieri, m., Pingi, P., Potenziani, M., Dellepiane, M., Pavoni, G., Lureau, A., and Scopigno, R. (2015). alchemy in 3d: A digitization for a journey through matter. In *2015 Digital Heritage*, volume 1, pages 223–230.
- [Carrozzino and Bergamasco, 2010] Carrozzino, M. and Bergamasco, M. (2010). Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *JOURNAL OF CULTURAL HERITAGE*, 11 - 4:452–458.
- [Dellepiane et al., 2011] Dellepiane, M., Callieri, M., Corsini, M., and Scopigno, R. (2011). Using digital 3d models for study and restoration of cultural heritage artifacts. In Stanco, F., Battiato, S., and Gallo, G., editors, *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation*, pages 39–68. Taylor and Francis.
- [Fanini et al., 2018] Fanini, B., Pagano, A., and Ferdani, D. (2018). A novel immersive vr game model for recontextualization in virtual environments: The  $\mathbb{E}^{\circ}$ vrmodel. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(2).
- [Fernandez-Palacios et al., 2017] Fernandez-Palacios, B. J., Morabito, D., and Remondino, F. (2017). Access to complex reality-based 3d models using virtual reality solutions. *Journal of Cultural Heritage*, 23:40 – 48.

- [Furukawa and Hernandez, 2015] Furukawa, Y. and Hernandez, C. (2015). Multi-view stereo: A tutorial. *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, 9:1–148.
- [Germanese et al., 2019] Germanese, D., Leone, G., Moroni, D., Pascali, M., and Tampucci, M. (2019). *Towards Structural Monitoring and 3D Documentation of Architectural Heritage Using UAV*, pages 332–342.
- [Kanellopoulos, 2010] Kanellopoulos, D. (2010). Current and future directions of multimedia technology in tourism. *International Journal of Virtual Technology and Multimedia*, 1.
- [Koutsoudis et al., 2014] Koutsoudis, A., Vidmar, B., Ioannakis, G., Arnaoutoglou, F., Pavlidis, G., and Chamzas, C. (2014). Multi-image 3d reconstruction data evaluation. *Journal of Cultural Heritage*, 15(1):73 – 79.
- [Maiellaro and Varasano, 2017] Maiellaro, N. and Varasano, A. (2017). One-page multimedia interactive map. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 6:34.
- [Malomo et al., 2015] Malomo, L., Banterle, F., Pingi, P., Gabellone, F., and Scopigno, R. (2015). Virtualtour: A system for exploring cultural heritage sites in an immersive way. In *2015 Digital Heritage*, volume 1, pages 309–312.
- [Malzbender et al., 2001] Malzbender, T., Gelb, D., and Wolters, H. (2001). Polynomial texture maps. volume 2001, pages 519–528.
- [Mortara et al., 2014] Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., and Petridis, P. (2014). Learning cultural heritage by serious games. *Journal of Cultural Heritage*, 15(3):318 – 325.
- [Pescarin, 2014] Pescarin, S. (2014). Museums and virtual museums in europe: Reaching expectations. *SCIRES-IT : SCientific RESearch and Information Technology*, 4.
- [Pietroni et al., 2013] Pietroni, E., Pagano, A., and Rufa, C. (2013). The etruscanning project: Gesture-based interaction and user experience in the virtual reconstruction of the regolini-galassi tomb. pages 653–660.
- [Ponchio and Dellepiane, 2016] Ponchio, F. and Dellepiane, M. (2016). Multiresolution and fast decompression for optimal web-based rendering. *Graphical Models*, 88:1 – 11.
- [Ponchio et al., 2015] Ponchio, F., Potenziani, M., Dellepiane, M., Callieri, M., and Scopigno, R. (2015). The ARIADNE Visual Media Service: Easy web publishing of advanced visual media. In *Proceedings of CAA 2015 - 43rd Annual International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (Vol.1)*, page 12.
- [Potenziani et al., 2015] Potenziani, M., Callieri, M., Dellepiane, M., Corsini, M., Ponchio, F., and Scopigno, R. (2015). 3DHOP: 3D Heritage Online Presenter. *Computers & Graphics*, 52:129 – 141.
- [Reichinger et al., 2011] Reichinger, A., Maierhofer, S., and Purgathofer, W. (2011). High-quality tactile paintings. *J. Comput. Cult. Herit.*, 4(2).
- [Reinhard et al., 2006] Reinhard, E., Ward, G., Pattanaik, S., and Debevec, P. (2006). *High dynamic range imaging : acquisition, display, and image-based lighting*.
- [Sansoni et al., 2009] Sansoni, G., Trebeschi, M., and Docchio, F. (2009). State-of-the-art and applications of 3d imaging sensors in industry, cultural heritage, medicine, and criminal investigation. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 9:568–601.
- [Styliani et al., 2009] Styliani, S., Fotis, L., Kostas, K., and Petros, P. (2009). Virtual museums, a survey and some issues for consideration. *Journal of Cultural Heritage*, 10(4):520 – 528.
- [Vanoni et al., 2012] Vanoni, D., Seracini, M., and Kuester, F. (2012). Artifact: Tablet-based augmented reality for interactive analysis of cultural artifacts. In *2012 IEEE International Symposium on Multimedia*, pages 44–49.



## Capitolo 10

# I giochi per migliorare l'esperienza di visita di siti culturali

Carmelo Ardito, Paolo Buono, Maria Francesca Costabile, Giuseppe Desolda, Rosa Lanzilotti, Antonio Piccinno

### 10.1 Introduzione

Molti paesi del mondo hanno un ricco patrimonio culturale con siti storici risalenti a vari secoli a.C.. L'Italia è un ottimo esempio. C'è oggi un consenso generale sull'importanza di stimolare l'interesse di un ampio pubblico verso i Beni Culturali (BC). A questo scopo, vari ricercatori continuano a proporre soluzioni basate sulla Tecnologia dell'Informazione e Comunicazione (TIC). Un fattore importante verso il successo delle soluzioni proposte è l'attenzione che deve essere dedicata alle caratteristiche specifiche del pubblico: i loro interessi, motivazioni, competenze. Viene inoltre sottolineato che bisogna proporre nuovi metodi di comunicazione per rendere le visite a siti culturali molto più coinvolgenti [Copeland, 2004].

In Italia le visite a siti culturali sono una parte importante dei programmi scolastici italiani; sono condotte al fine di favorire l'apprendimento della storia nelle giovani generazioni e lo sviluppo di un maggiore interesse per il patrimonio culturale. Queste visite richiedono il supporto di guide esperte che possono aiutare gli studenti a dare un senso ai reperti e alle rovine di antichi insediamenti, il cui stato attuale spesso non rispecchia più il loro aspetto e la loro destinazione originaria. Purtroppo, considerata la ricchezza del patrimonio culturale italiano e la sua cronica carenza di fondi, è impossibile fornire visite guidate a tutti i siti culturali e la maggior parte di essi sono senza personale.

La ricerca su Human-Computer Interaction (HCI) ha molto da offrire per spingere le persone verso un più ampio apprezzamento dei BC. Può offrire metodi e strumenti per definire le esigenze del pubblico destinatario. Può offrire nuovi canali di comunicazione per aumentare la consapevolezza dell'importanza dei beni culturali. Può contribuire alla progettazione di sistemi informatici che coinvolgano maggiormente le persone che visitano siti culturali. Può fornire strumenti che favoriscano un più facile e piacevole apprendimento dei contenuti storici anche da parte dei giovani. Uno strumento valido per questi scopi sono i giochi.

Gamification è un termine oggi molto popolare e si riferisce all'uso di elementi del gioco in vari contesti. In particolare, è un processo che consiste nell'utilizzare la logica di gioco e le sue meccaniche per coinvolgere maggiormente utenti e risolvere problemi reali [Linder and Zichermann, 2013]. Un approccio di gamification può anche introdurre un fattore gratificante nel processo decisionale di una persona, in modo che questa sia stimolata a svolgere i compiti che deve eseguire; ad esempio la raccolta punti nei supermercati sfrutta proprio un fattore gratificante [Origlia et al., 2016]. L'obiettivo principale della gamification, piuttosto che divertire le persone, è proprio ridurre l'impatto negativo dei compiti da svolgere; in altre parole, il gioco rende più divertente l'esecuzione di specifici compiti. Pertanto, l'attenzione allo sviluppo di giochi in vari contesti continua ad aumentare e si organizzano sempre più eventi, sia a carattere scientifico che divulgativo. Volendo menzionare eventi che si svolgono in Italia, un esempio del primo tipo è il workshop GHItaly, che riunisce ricercatori che lavorano su HCI per il progetto e lo sviluppo di giochi interattivi [De Marsico et al., 2017]. Eventi di tipo più divulgativo sono: Milan Games Week, definito come il più grande consumer show italiano dedicato al mondo gaming<sup>1</sup>, e LuBeC, Lucca Beni Culturali<sup>2</sup>, che è il forum internazionale che si svolge ogni anno a Lucca in ottobre, dedicato allo sviluppo della filiera BC, tecnologie e turismo, in cui i giochi hanno un ruolo significativo.

L'uso dei giochi si è dimostrato efficace soprattutto per supportare l'apprendimento. I giochi progettati con uno scopo principale diverso dal mero intrattenimento sono chiamati giochi didattici (serious game). Vari giochi didattici sono stati proposti nel contesto dei BC. In questo capitolo, dopo aver discusso brevemente l'importanza di giochi didattici, si riportano alcune esperienze di giochi didattici per BC. Si descrivono, inoltre, altri tipi di giochi progettati per migliorare l'esperienza di visita di siti culturali e si conclude il capitolo riportando nuove opportunità offerte dalla tecnologia.

## 10.2 I giochi didattici

L'informatica si interessa da molto tempo allo sviluppo di giochi didattici, perché consentono una modalità interattiva di apprendimento, in grado di catturare l'attenzione degli studenti e di coinvolgerli nelle loro attività. Gli aspetti didattici positivi dei giochi sono molteplici: il gioco incoraggia le attività di gruppo, stimola la collaborazione, aiuta nella gestione dei conflitti ed è un ottimo strumento per individuare i problemi relazionali [Blecic et al., 2002, Oviatt, 2012, Shaffer, 2006]. In particolare, il gioco di gruppo richiede abilità diverse ed ogni giocatore può mettere in pratica le abilità a lui più congeniali; inoltre, il divertimento coinvolge ed influisce direttamente sulla motivazione, che è un fattore molto importante per un apprendimento efficace [Malone, 1987].

---

<sup>1</sup> [www.milangamesweek.it](http://www.milangamesweek.it)

<sup>2</sup> [www.lubec.it](http://www.lubec.it)

Oviatt riporta un'approfondita letteratura che evidenzia che i giochi interattivi portano a miglioramenti nell'apprendimento di circa il 10-40% rispetto alle lezioni tradizionali [Oviatt, 2012]. Il processo di apprendimento è complesso, e passa da una fase attiva di costruzione e ricostruzione del significato (quando le persone imparano reagendo al mondo) ad una fase riflessiva, spesso chiamata debriefing, in cui le persone consolidano le conoscenze acquisite attraverso una adeguata riflessione [Mazzone et al., 2004, Vygotsky, 1978]. In letteratura ci sono numerosi esempi di giochi didattici su vari argomenti, tra cui (per ognuno si riporta solo un riferimento come esempio): matematica [Shin et al., 2006], fisica [Wieman et al., 2008], logica [Lanzilotti and Roselli, 2007], scienze [Rogers et al., 2005], culture nazionali [Garzotto, 2007], storia [Spikol and Milrad, 2008], arte [Cabrera et al., 2005], musica [Read and Beale, 2009].

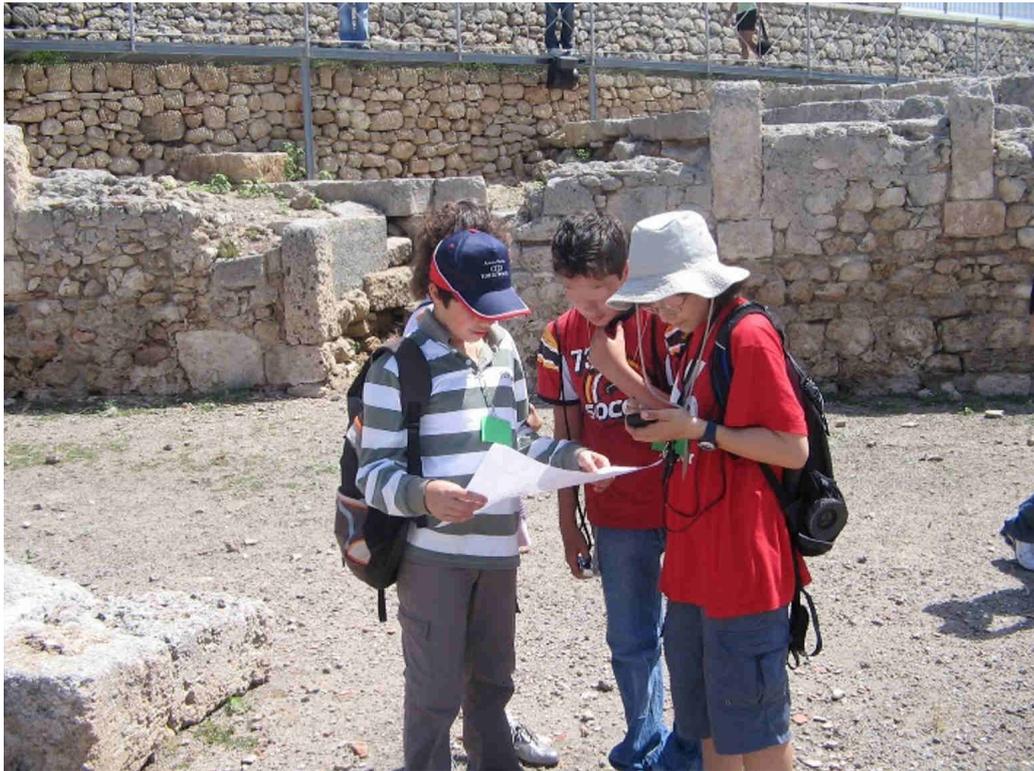
### 10.3 Giochi didattici relativi ai beni culturali

Vari giochi didattici sono sviluppati nel dominio dei BC. Alcuni dei meno recenti sono riportati in [Anderson et al., 2010]. Altri sono in [Mortara et al., 2014]; quest'ultimo articolo non è un survey generale ma discute tre categorie di giochi didattici, definite sulla base di alcuni obiettivi di apprendimento: *cultural awareness*; *historical reconstruction*; *heritage awareness*. *Cultural awareness* include giochi relativi al patrimonio immateriale, compresi lingua, costumi, tradizioni, credenze spirituali, folklore e regole di comportamento in una società. Obiettivo dei giochi in questa categoria è di ricreare un ambiente fisico capace di fornire un'esperienza olistica che includa anche i suoni (lingua parlata, musica tradizionale, ecc.), riproducendo ad esempio eventi folcloristici e religiosi. I giochi nella categoria *historical reconstruction* hanno l'apprendimento della storia come obiettivo primario e si concentrano sulla ricostruzione fedele di uno specifico periodo storico, o di un evento che si è verificato in passato. Molti giochi in questa categoria sono situati in un ambiente 3D. *Heritage awareness* include prevalentemente giochi il cui obiettivo è fornire una ricostruzione immersiva e realistica di un luogo reale per conoscere e apprezzare i valori architettonici, artistici o naturali di un sito, o semplicemente fornire meccanismi coinvolgenti per motivare gli utenti a vivere un'esperienza realistica. L'articolo richiama l'importanza di scegliere il tipo di gioco appropriato per trasmettere in modo efficace i contenuti didattici; tuttavia viene anche evidenziato che, nella gran parte dei giochi proposti, non ci sono prove adeguate della loro efficacia didattica. È proprio la mancanza di tali prove formali uno dei principali ostacoli ad una più ampia adozione dei giochi didattici. Anche Oviatt nella sua analisi approfondita della tecnologia per l'apprendimento evidenzia la mancanza di rigore metodologico di alcune ricerche empiriche sul campo, e richiama l'attenzione sui molti fattori che possono influenzare i risultati dell'apprendimento [Oviatt, 2012].

Come già riportato nell'introduzione, gli studenti delle scuole sono la più ampia percentuale dei visitatori di siti culturali, in particolare di siti archeologici. È dunque rilevante stabilire un dialogo con questo specifico pubblico. In alcune nazioni sono stati realizzati alcuni programmi sperimentali volti a suscitare l'interesse delle giovani generazioni per lo studio della storia attraverso analisi guidate dei resti di antichi insediamenti. Questo è un obiettivo prezioso, in quanto l'archeologia riguarda la costruzione di identità culturali [Merriman, 2004]. Tuttavia, le prove disponibili per valutare il successo di queste iniziative sono molto limitate, e le conoscenze sono ancora poco accessibili per sostenere nuovi programmi.

In Italia gli istituti di scuola elementare e media organizzano visite didattiche a musei e parchi archeologici, ma è difficile stimare quanto queste siano in grado di suscitare interesse negli alunni e quanto le nozioni acquisite resistano nel tempo nella loro mente. I parchi archeologici pongono difficoltà maggiori, in quanto gli alunni sono posti davanti alle rovine di antichi insediamenti che hanno perso completamente il loro aspetto originale. Troppo spesso visite guidate svolte in maniera classica (una guida che racconta e gli alunni che ascoltano) aumentano il rischio di disattenzione e distrazione. Occorre quindi proporre un nuovo tipo di visita in cui si interagisca in prima persona con l'ambiente e si sia stimolati ad entrare direttamente in contatto con l'argomento trattato. Il gruppo di ricerca IVU del Dipartimento di Informatica dell'Università di Bari, sulla base dell'esperienza acquisita lavorando con esperti di storia, esperti di beni culturali e insegnanti di scuole, ha progettato la tecnica del *gioco-escursione*, implementata su telefoni cellulari, proprio per permettere ai giovani alunni di interpretare meglio i resti archeologici ed immaginare quello che c'era da quel che rimane [Costabile et al., 2008]. Un gioco-escursione si svolge all'aperto, presso parchi archeologici, città d'arte, castelli o anche ambienti naturali (il nome deriva dal fatto che i giocatori effettuano escursioni libere nel sito); si tratta di un gioco di squadra (gli alunni sono divisi in gruppi) improntato alla scoperta autonoma. Il suo obiettivo è sostituire la visita guidata di tipo tradizionale ai siti culturali con un'attività ludica a scopo didattico.

In [Ardito et al., 2012a] viene descritto il sistema *Explore!*, che implementa il gioco-escursione in una architettura riusabile, in modo da poter facilmente adattare il gioco a diversi siti culturali. Nell'articolo si descrive il gioco sviluppato per il parco archeologico di Egnazia, in provincia di Brindisi. Il gioco si sviluppa all'interno di uno specifico contesto storico che, nel caso di Egnazia, è l'Impero Romano (circa 2 millenni fa). Ai gruppi di alunni viene dato un insieme di missioni che devono svolgere interagendo con l'ambiente e impersonando personaggi storici. Lo svolgimento di una missione è facilitato dall'uso di tecnologia mobile che aumenta l'ambiente fisico con informazioni visuali e sonore, come ricostruzioni 3D di edifici storici, luoghi e manufatti, e suoni contestuali associati ad eventi, oggetti e attività di vita reale. *Explore!* implementa un modello sofisticato che combina suoni diversi in modo altamente realistico, in modo da favorire una ricostruzione più completa della vita nei tempi antichi. Ogni gruppo di giocatori riceve due telefoni cellulari, uno zaino che ha due altoparlanti nelle tasche esterne e una mappa del parco (Figura 10.1). Gli



**Figura 10.1:** Un gruppo di alunni usa *Explore!* nel parco archeologico di Egnazia: uno ha in mano il cellulare collegato agli altoparlanti nel suo zaino, un altro ha in mano il secondo cellulare e il terzo ha la mappa del parco.

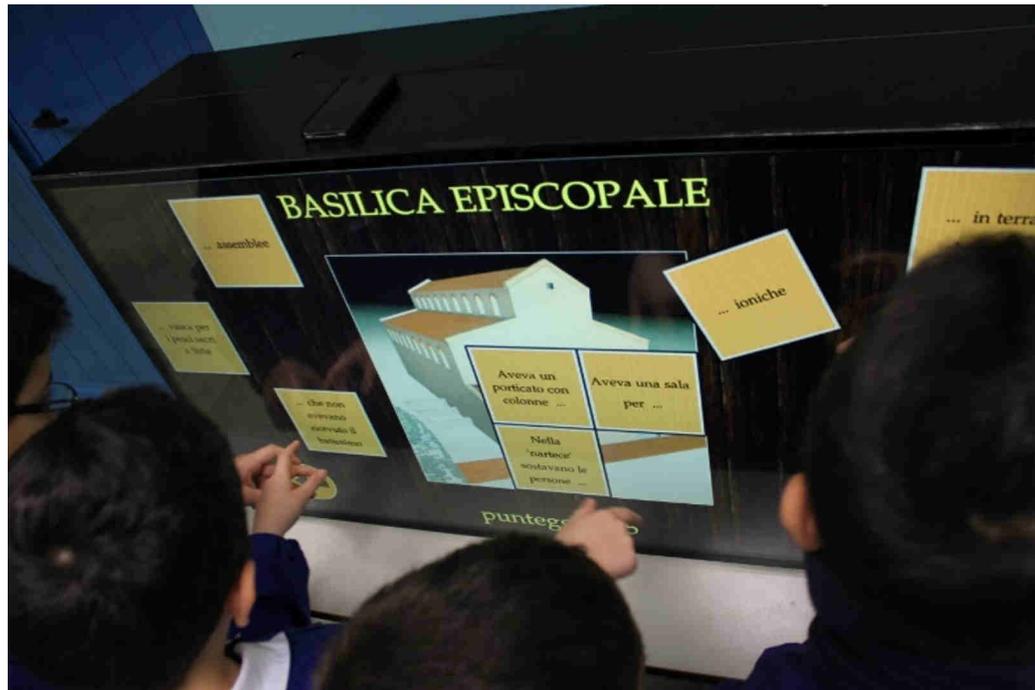
altoparlanti sono connessi a uno dei due telefoni cellulari per amplificare i suoni contestuali udibili durante il gioco. Non è stato utilizzato l'altoparlante del cellulare perché il suo volume non era molto alto, specialmente se si considera che il sistema *Explore!* è stato progettato, implementato e valutato sul campo tra il 2008 e il 2010, quando gli smartphone erano molto meno potenti degli attuali. *Explore!* non richiede l'installazione di alcuna infrastruttura hardware nel parco, ma sfrutta semplicemente le potenzialità dei telefoni cellulari. L'approccio può essere definito "ecologico" proprio perché non richiede alcuna installazione nel parco che deturperebbe il luogo storico.

Il gioco-escursione prevede tre fasi principali: 1) introduzione, in cui si spiega il gioco; 2) fase di gioco, in cui i giocatori eseguono il gioco; 3) debriefing, in cui vengono effettuate delle attività che consentono di riflettere sull'esperienza appena vissuta e di rivedere e condividere con gli altri gruppi la conoscenza acquisita. Il debriefing si svolge in una sala a parte e si utilizza un video proiettore collegato ad un personal computer, al quale sono stati trasmessi, in formato xml, i log raccolti durante il gioco di tutti i gruppi di alunni. Questa fase è ritenuta dai pedagogisti essenziale affinché un gioco didattico possa risultare davvero efficace per l'apprendimento.

*Explore!* e il gioco-escursione sono stati valutati con accurati studi sul campo, per analizzarli in un contesto d'uso reale con l'obiettivo di valutare sia l'esperienza complessiva degli alunni sia l'efficacia del gioco per

l'apprendimento. In [Ardito et al., 2012a] sono riportati in dettaglio i risultati dello studio più completo, che dimostrano il successo del sistema nel supportare gli alunni a comprendere meglio i resti archeologici e ad acquisire conoscenza della vita al tempo degli antichi romani, il tutto divertendosi molto.

Altri giochi didattici sono stati sviluppati dal gruppo di ricerca IVU e implementati su schermi multi-touch di ampie dimensioni (p.e.[Ardito et al., 2012b, Ardito et al., 2013, Ardito et al., 2009]). In particolare, in [Ardito et al., 2013] si dimostra come l'apprendimento di tipo più tradizionale che si svolge a scuola può essere integrato in modo efficace con questo tipo di giochi didattici. Viene infatti proposto un formato didattico che si ispira alla tecnica del Discovery Learning, definita da Jerome Bruner nella sua teoria pedagogica del Costruttivismo [Bruner, 1990], secondo cui il processo di apprendimento è attivo e comporta la trasformazione di informazioni attraverso tre diversi tipi di rappresentazione: *simbolica* (basata sul linguaggio), *attiva* (basata sull'azione) e *iconica* (basata sulle immagini). Il formato didattico proposto integra l'apprendimento formale (lezioni tradizionali in aula) con un apprendimento più informale e basato sulla tecnologia, organizzando le attività di apprendimento in tre fasi in cui gli alunni ricevono nuove informazioni: 1) partecipazione alla lezione (o alle lezioni) dell'insegnante in classe (rappresentazione simbolica), 2) azione in un contesto reale (rappresentazione attiva), e 3) interazione con strumenti tecnologici per manipolare immagini (rappresentazione iconica). Mentre l'attività svolta nella fase simbolica è sempre la lezione in classe, quelle svolte nella fase attiva e iconica cambiano a seconda dell'argomento da apprendere e della tecnologia utilizzata. Ad esempio, se l'argomento è quello della storia dell'antica Roma, gli alunni partecipano prima alle lezioni a scuola, poi visitano un parco archeologico o un museo e infine interagiscono con un gioco didattico mediante il quale manipolano concetti rappresentati da immagini (es. una strada antica, un monumento, un manufatto, ecc.) mostrate su uno schermo digitale. Il gioco didattico descritto in [Ardito et al., 2013] è giocato da gruppi di tre o quattro alunni, si chiama History-Puzzle ed è anch'esso relativo al parco archeologico di Egnazia, anche se è stato progettato per essere facilmente adattabile a qualsiasi altro sito culturale. Il gioco richiede che gli studenti completino i puzzle di monumenti/oggetti storici (relativi al periodo in cui Egnazia era una città romana) che gli studenti hanno visto durante una visita al parco archeologico e al museo di Egnazia. I puzzle con cui gli alunni giocano mostrano la ricostruzione in 3D dei punti di interesse di Egnazia, permettendo loro di apprezzare l'aspetto originario dei resti archeologici. Inizialmente le nove tessere di ogni puzzle contengono frasi incomplete relative a nozioni storiche sul luogo selezionato. Per scoprire una tessera e mostrare la parte dell'immagine corrispondente, gli alunni devono selezionare, tra quelle visualizzate sul lato sinistro e destro del puzzle, la tessera con il resto della frase e trascinarla sulla tessera del puzzle. Se l'associazione delle due tessere è corretta, la tessera rivelerà un nono dell'immagine della ricostruzione 3D dell'edificio originale. Figura 10.2 mostra il puzzle della Basilica Episcopale quando i giocatori hanno scoperto i 6/9 dell'immagine. Per stimolare gli alunni a riflettere sulle loro azioni e a discutere insieme le tessere che devono associare, il gioco attribuisce un punteggio premiale se la



**Figura 10.2:** Un gruppo di quattro alunni compone il puzzle della Basilica Episcopale su un touchscreen di ampie dimensioni.

tessera è associata correttamente; il punteggio si riduce ogni volta che gli alunni spostano una tessera su quella sbagliata. Inoltre, al fine di rendere il gioco più impegnativo, alcune delle tessere esterne al puzzle riportano frasi errate o che non corrispondono a nessuna delle nove frasi incomplete del puzzle.

È stato effettuato uno studio sul campo, coinvolgendo sei classi della quinta elementare della scuola elementare "Clementina Perone" di Bari per un totale di 107 alunni, il cui obiettivo era triplice: 1) indagare l'esperienza degli alunni nell'interazione con i display multi-touch in un contesto reale; 2) valutare l'effetto della tecnologia multi-touch come mezzo per consolidare la conoscenza; 3) analizzare l'efficacia del format educativo proposto. I risultati dello studio hanno dimostrato che gli alunni sono stati attivamente impegnati in tutte le attività educative, evidenziando quindi l'efficacia del formato didattico proposto, e che i giochi sul display multi-touch sono stati un valido mezzo per consolidare la conoscenza.

#### 10.4 Altri giochi per beni culturali

Non sono solo i giochi didattici ad avere un ruolo importante per una migliore fruizione dei BC. In [Origlia et al., 2016] si parla di "playful games", cioè giochi di intrattenimento, evidenziando il ruolo che questo tipo di giochi tecnologici possono avere nello stimolare la curiosità delle persone e attrarle verso i BC. Una rassegna di ulteriori 34 giochi è presentata in

[Malegiannaki and Daradoumis, 2017]; l'obiettivo di tali giochi è un migliore coinvolgimento del visitatore mediante una interazione fisica o virtuale con un luogo di interesse culturale e i suoi oggetti. A differenza dei giochi didattici, questi giochi mirano essenzialmente a divertire le persone e a migliorare la loro *user experience* complessiva. Nei BC essi possono essere un valido mezzo di promozione perché aiutano a creare un atteggiamento positivo verso musei ed altri siti culturali. In [Origlia et al., 2016], in particolare, gli autori discutono come giochi di intrattenimento che consentono la creazione di specifici personaggi e la definizione collaborativa della narrativa del gioco hanno le potenzialità per supportare un'interazione a lungo termine coi contenuti culturali e consentire una più efficace fruizione sociale dei musei. Giochi di intrattenimento per BC sono spesso giochi pervasivi, che combinano cioè gioco e realtà fisica, rompendo il consueto paradigma statico del gioco in sala e andando verso un'esperienza più dinamica e sociale [Benford et al., 2005, Montola et al., 2009]. Secondo [Hinske et al., 2007] sono quattro le caratteristiche principali che contribuiscono al fascino di un gioco pervasivo e al coinvolgimento emotivo che i giocatori provano: 1) esperienza fisica; 2) sfida mentale; 3) esperienza sociale; 4) immersione. L'esperienza fisica si ottiene interagendo con oggetti o personaggi reali e tangibili. La sfida mentale è stimolata dalla risoluzione di enigmi o dallo svolgimento di compiti. L'esperienza sociale è facilitata dal gioco di squadra che richiede alle persone di incontrarsi, scambiare informazioni e unire i loro sforzi per raggiungere il successo. Infine gli ambienti di realtà aumentata forniscono una sensazione di immersione nell'ambiente di gioco e questo è il principale fattore di intrattenimento. Un esempio significativo di gioco pervasivo è REXplorer [Ballagas et al., 2008], un gioco progettato per il museo Regensburg Experience, in Germania, con l'obiettivo di estendere la visita del museo alla città. I giocatori devono indagare l'attività paranormale in alcuni luoghi del centro storico della città. Viene dato loro un telefono cellulare modificato nella forma per assomigliare ad un rilevatore di attività paranormale che, attraverso impulsi a frequenza crescente, indica la vicinanza ad un luogo sensibile dove i giocatori possono invocare uno spirito utilizzando il dispositivo mobile come bacchetta magica. Lo spirito poi "parla" ai giocatori, chiedendo loro di completare alcuni compiti che li portano in altri luoghi della città. A nostra conoscenza non ci sono però dati su eventuali studi effettuati per valutare la *user experience* dei giocatori.

Da quanto è stato discusso emerge l'importanza dei giochi basati su tecnologia innovativa, tanto che oggi ci sono nuovi professionisti, detti gamification designer, che forniscono consulenza ad aziende ed enti pubblici per identificare nuovi modi per motivare e coinvolgere i propri dipendenti e/o clienti. Un esempio è Fabio Viola<sup>3</sup>: relativamente ai BC ha sviluppato la app "Firenze Game", che è un gioco di carte su smartphone o tablet che consente a ragazzi di scoprire la storia di Firenze in un'esperienza che unisce il gioco digitale alla visita della città.

---

<sup>3</sup> <http://www.gameifications.com/autore>

## 10.5 Nuove opportunità offerte dalla tecnologia

Le sezioni precedenti hanno evidenziato come giochi implementati con tecnologie di vario tipo possono essere uno strumento valido per avvicinare le persone ai BC. Tecnologie più recenti offrono ulteriori possibilità di migliorare l'accesso del pubblico ai BC. Prospettive interessanti vengono dall'Internet of Things (IoT). Come descritto nel Capitolo 5, i sistemi di IoT si basano su servizi software distribuiti che, attraverso Internet, consentono l'accesso a funzionalità e dati forniti da dispositivi fisici. Si tratta dei cosiddetti smart objects [Atzori et al., 2010], ovvero dispositivi generalmente dotati di sensori (in grado di rilevare diversi tipi di eventi che si verificano in un ambiente osservato) e/o attuatori (in grado di mettere in atto alcune azioni che determinano un cambiamento di stato nell'ambiente o nel sistema). Questa tecnologia consente di creare oggetti che i visitatori dei siti culturali possono portare con sé, toccare e manipolare, ricevendo informazioni personalizzate che migliorano la loro *user experience* [Petrelli and Lechner, 2014, Zancanaro et al., 2015]. L'interazione con tali oggetti tangibili favorisce le emozioni e il coinvolgimento dei visitatori, migliora la comprensione, aumentando così l'appropriazione dei contenuti culturali. Alcuni lavori in letteratura riconoscono i benefici della manipolazione fisica e dell'azione come canale aggiuntivo per la trasmissione di informazioni, poiché attivano la conoscenza del mondo reale e migliorano le capacità di memorizzazione (p.e. [Yannier et al., 2016]).

Nonostante i vantaggi che questa nuova tecnologia offre, ci sono ancora importanti questioni da risolvere per aumentarne l'impatto pratico. La ricerca si è concentrata principalmente su caratteristiche tecniche, ad esempio, come programmare le reti di sensori e attuatori e come garantirne l'interoperabilità [Mighali et al., 2015, Piccialli and Chianese, 2017]. Pochissimi approcci cercano di facilitare la configurazione di oggetti intelligenti, ma il loro vantaggio è limitato alla programmazione di singoli oggetti che i visitatori portano con sé durante la visita a un sito per ricevere contenuti personalizzati quando raggiungono determinati punti interattivi dell'esposizione [Petrelli and Lechner, 2014]. È ancora difficile per gli esperti di siti culturali (p.e. curatori del sito e guide professionali) sincronizzare il comportamento di più dispositivi per offrire ai visitatori nuove esperienze di visita determinate da vari sensori e attuatori, installati nell'ambiente o incorporati in oggetti tangibili manipolati dai visitatori, capaci di reagire attivamente a specifici eventi rilevati.

Ardito et al. presentano un approccio innovativo per colmare questo gap proponendo un paradigma di composizione visuale che permette ai non programmatori di sincronizzare il comportamento di più dispositivi intelligenti [Ardito et al., 2018]. Tale paradigma supporta gli esperti di siti culturali nella creazione di esperienze di visita intelligente da offrire ai visitatori, consentendo loro di interagire con l'ambiente circostante attraverso dispositivi intelligenti disponibili in esso, in modo da consentire una migliore acquisizione dei contenuti culturali. In particolare l'articolo illustra due esperienze di visita basate su giochi che richiedono la manipolazione di oggetti intelligenti.

## Riferimenti bibliografici

- [Anderson et al., 2010] Anderson, E. F., Mcloughlin, L., Liarokapis, F., Peters, C., Petridis, P., and Freitas, S. (2010). Developing serious games for cultural heritage: A state-of-the-art review. *Virtual Reality*, 14(4):255–275.
- [Ardito et al., 2018] Ardito, C., Buono, P., Desolda, G., and Matera, M. (2018). From smart objects to smart experiences: An end-user development approach. *International Journal of Human-Computer Studies*, 114:51–68. Advanced User Interfaces for Cultural Heritage.
- [Ardito et al., 2012a] Ardito, C., Costabile, M. F., De Angeli, A., and Lanzilotti, R. (2012a). Enriching archaeological parks with contextual sounds and mobile technology. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 19(4):29:1–29:30.
- [Ardito et al., 2012b] Ardito, C., Costabile, M. F., and Lanzilotti, R. (2012b). Un gioco per grandi schermi multi-touch per apprendere la storia. In *Proceedings of the Congresso Didamatica - Informatica per la didattica (Didamatica 12)*, Didamatica. Taranto.
- [Ardito et al., 2013] Ardito, C., Lanzilotti, R., Costabile, M. F., and Desolda, G. (2013). Integrating traditional learning and games on large displays: An experimental study. *Educational Technology & Society*, 16:44–56.
- [Ardito et al., 2009] Ardito, C., Lanzilotti, R., and Desolda, G. (2009). Giocando con l’archeologia su schermi multitouch. In *Proceedings of the Congresso Nazionale Associazione Italiana per l’Informatica ed il Calcolo Automatico (AICA ’09)*, Didamatica. Trento.
- [Atzori et al., 2010] Atzori, L., Iera, A., and Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54(15):2787 – 2805.
- [Ballagas et al., 2008] Ballagas, R., Kuntze, A., and Walz, S. P. (2008). Gaming tourism: Lessons from evaluating reexplorer, a pervasive game for tourists. In Indulska, J., Patterson, D. J., Rodden, T., and Ott, M., editors, *Pervasive Computing*, pages 244–261, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- [Benford et al., 2005] Benford, S., Magerkurth, C., and Ljungstrand, P. (2005). Bridging the physical and digital in pervasive gaming. *Commun. ACM*, 48(3):54–57.
- [Blecic et al., 2002] Blecic, I., Cecchini, A., Rizzi, P., and Trunfio, G. A. (2002). Playing with automata. an innovative perspective for gaming simulation. In Bandini, S., Chopard, B., and Tomassini, M., editors, *Cellular Automata*, pages 337–348, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- [Bruner, 1990] Bruner, J. (1990). *Acts of Meaning*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- [Cabrera et al., 2005] Cabrera, J. S., Frutos, H. M., Stoica, A. G., Avouris, N., Fiotakis, G., and Liveri, K. D. (2005). Mystery in the museum: collaborative learning activities using handheld devices. In *Proc. 7th Int. Conf. on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services*, pages 315–318. ACM Press.
- [Copeland, 2004] Copeland, T. (2004). Presenting archaeology to the public. In Merriman, N., editor, *Public Archaeology*, pages 132–144. Routledge, London, UK.
- [Costabile et al., 2008] Costabile, M. F., De Angeli, A., Lanzilotti, R., Ardito, C., Buono, P., and Pederson, T. (2008). Explore! possibilities and challenges of mobile learning. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI ’08*, page 145–154, New York, NY, USA. ACM.
- [De Marsico et al., 2017] De Marsico, M., Ripamonti, L. A., Gadia, D., Maggiorini, D., and Mariani, I. (2017). Ghitaly’17: 1st workshop on games-human interaction. In *Proceedings of the 12th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter, CHIItaly ’17*, New York, NY, USA. ACM.
- [Garzotto, 2007] Garzotto, F. (2007). Investigating the educational effectiveness of multiplayer online games for children. In *Proceedings of the International Conference on Interaction Design and Children (IDC ’07)*. ACM, New York, NY, USA, pages 29–36.
- [Hinske et al., 2007] Hinske, S., Lampe, M., Magerkurth, C., and Röcker, C. (2007). Classifying pervasive games: On pervasive computing and mixed reality. In Magerkurth, C. and Röcker, C., editors, *Concepts and Technologies for Pervasive Games*, volume 1. Shaker.

- [Lanzilotti and Roselli, 2007] Lanzilotti, R. and Roselli, T. (2007). An experimental evaluation of logiocando, an intelligent tutoring hypermedia system. *Int. J. Artif. Intell. Ed.*, 17(1):41–56.
- [Linder and Zichermann, 2013] Linder, J. and Zichermann, G. (2013). *The gamification revolution: how leaders leverage game mechanics to crush the competition*. McGraw-Hill.
- [Malegiannaki and Daradoumis, 2017] Malegiannaki, I. and Daradoumis, T. (2017). Analyzing the educational design, use and effect of spatial games for cultural heritage: A literature review. *Computers & Education*, 108:1 – 10.
- [Malone, 1987] Malone, T. W. (1987). Making learning fun : a taxonomic model of intrinsic motivations for learning. In Snow, R. E. and Farr, M. J., editors, *Conative and Affective Process Analysis*. Routledge.
- [Mazzone et al., 2004] Mazzone, E., Horton, M., and Read, J. (2004). Requirements for a multimedia museum environment. In *Proceedings of the Third Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, NordiCHI '04, page 421–424, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Merriman, 2004] Merriman, N. (2004). *Public Archaeology*. Routledge, London, UK.
- [Mighali et al., 2015] Mighali, V., Del Fiore, G., Patrono, L., Mainetti, L., Alletto, S., Serra, G., and Cucchiara, R. (2015). Innovative iot-aware services for a smart museum. In *Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web, WWW '15 Companion*, page 547–550. ACM, New York, NY, USA.
- [Montola et al., 2009] Montola, M., Stenros, J., and Waern, A. (2009). *Pervasive Games: Theory and Design*. Morgan Kaufmann.
- [Mortara et al., 2014] Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., and Petridis, P. (2014). Learning cultural heritage by serious games. *Journal of Cultural Heritage*, 15(3):318 – 325.
- [Origlia et al., 2016] Origlia, A., Chiacchio, M. L., Di Mauro, D., and Cutugno, F. (2016). Why so Serious? raising curiosity towards cultural heritage with playful games. In *Proceedings of the Artificial Intelligence for Cultural Heritage, workshop at AI\*IA '16 conference (AI\*CH'16)*, pages 18–25.
- [Oviatt, 2012] Oviatt, S. (2012). *The future of educational interfaces*. Routledge, New York.
- [Petrelli and Lechner, 2014] Petrelli, D. and Lechner, M. (2014). The meSch project – material encounters with digital cultural heritage: Reusing existing digital resources in the creation of novel forms of visitor's experiences. In *Proceedings of the International Committee for Documentation of ICOM (CIDOC '14)*.
- [Piccialli and Chianese, 2017] Piccialli, F. and Chianese, A. (2017). The internet of things supporting context-aware computing: A cultural heritage case study. *Mobile Networks and Applications*, 22(2):332–343.
- [Read and Beale, 2009] Read, J. C. and Beale, R. (2009). Under my pillow: Designing security for children's special things. In *Proceedings of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology*, BCS-HCI '09, page 288–292. BCS Learning & Development Ltd., Swindon, GBR.
- [Rogers et al., 2005] Rogers, Y., Price, S., Randell, C., Fraser, D. S., Weal, M., and Fitzpatrick, G. (2005). Ubi-learning integrates indoor and outdoor experiences. *Communication of the ACM*, 48(1):55–59.
- [Shaffer, 2006] Shaffer, D. (2006). *How Computer Games Help Children Learn*. Palgrave Macmillan, New York.
- [Shin et al., 2006] Shin, N., Norris, C., and Soloway, E. (2006). Effects of handheld games on students learning in mathematics. In *Proceedings of the 7th International Conference on Learning Sciences, ICLS '06*, page 702–708. International Society of the Learning Sciences.
- [Spikol and Milrad, 2008] Spikol, D. and Milrad, M. (2008). Combining physical activities and mobile games to promote novel learning practices. In *Fifth IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technology in Education (wmute 2008)*, pages 31–38. IEEE.
- [Vygotsky, 1978] Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.

- [Wieman et al., 2008] Wieman, C., Adams, W., and Perkins, K. (2008). *PhET: Simulations That Enhance Learning*. Science 322.
- [Yannier et al., 2016] Yannier, N., Hudson, S. E., Wiese, E., and Koedinger, K. R. (2016). Adding physical objects to an interactive game improves learning and enjoyment: Evidence from earthquake. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 23(4):1–31.
- [Zancanaro et al., 2015] Zancanaro, M., Not, E., Petrelli, D., Marshall, M., Van Dijk, T., Risseuw, M., Van Dijk, D., Venturini, A., Cavada, D., and Kubitzka, T. (2015). Recipes for tangible and embodied visit experiences. In *Proceedings of the Museums and the Web conference (MW '15)*.

# Capitolo 11

## Il turismo nell'era dei Big Data

Claudio Ardagna, Valerio Bellandi, Paolo Ceravolo, Ernesto Damiani, Matteo Zignani

### 11.1 Introduzione

Lo sviluppo di Internet ha portato a una rapida crescita della quantità e della varietà dei dati disponibili alle organizzazioni. L'incremento dei volumi non dipende solo da ciò che viene pubblicato e distribuito dagli utenti. Le applicazioni e le infrastrutture distribuite generano infatti una gran quantità di metadati che arricchiscono i contenuti: pensiamo ad esempio ai dati relativi alle interazioni che gli utenti hanno con i contenuti nei social network, oppure i trasferimenti di dati nelle infrastrutture Cloud o ancora le transazioni economiche nell'e-Commerce o attraverso Smart Contract.

Internet permette di superare le limitazioni degli spazi fisici e di conseguenza di ampliare il bacino dei possibili acquirenti. Per descrivere questa condizione è possibile ricorrere al concetto di "coda lunga" ("the Long Tail"), espressione coniata da Chris Anderson in un articolo del 2004 pubblicato su Wired Magazines. Partendo dall'analisi di alcuni fenomeni di quel periodo, Anderson si rende conto di quanto sia importante nei nuovi modelli di business la disponibilità di un catalogo potenzialmente infinito. In questo modo ogni tipologia di utente può trovare l'offerta in grado di soddisfare le sue esigenze ed i volumi delle interazioni si ampliano ad un livello tale da superare i volumi generati investendo sui prodotti maggiormente richiesti, come normalmente avviene nei modelli di business vincolati ad uno spazio materiale.

Il nuovo paradigma ha reso evidente quanto sia determinante raccogliere dati relativi alle interazioni degli utenti, analizzarli per identificare le loro preferenze e personalizzare di conseguenza l'offerta. Il risultato è stato naturalmente un ulteriore aumento dei dati a disposizione in quanto la progettazione dei sistemi informativi si è orientata verso questo obiettivo.

Non tutti i settori sono riusciti ad acquisire questo nuovo paradigma con la stessa rapidità. Il settore turistico e a maggior ragione quello culturale, anche in ragione della crisi economica dell'inizio di questo decennio, rappresenta uno degli esempi più tipici delle difficoltà che possono emergere nell'assorbimento

di una evoluzione tecnologica che modifica i modelli di business acquisiti. Secondo Franco Gattinoni, presidente di Ainet (Associazione Italiana Network turistici), dal 2010 hanno chiuso più di 2.000 agenzie di viaggio in Italia, il 20% di quelle esistenti. La società di ricerca GfK dichiara che nel 2012 il fatturato dei tour operator italiani è sceso del 12% (a quota 4,2 miliardi di euro) mentre i passeggeri sono stati 4.117.000 (-13%).

Le ragioni per cui nel settore turistico è più difficoltoso applicare il nuovo paradigma sono varie. Naturalmente alcune trovano la loro ragione nella rigidità ed arretratezza dei tradizionali modelli organizzativi sviluppati nel settore. In questo lavoro tralascieremo questi aspetti per concentrarci unicamente su quegli elementi che si collegano direttamente all'applicazione del paradigma della "Long Tail".

1. Il prodotto ricercato dal turista non è facilmente scomponibile in componenti elementari, in quanto la fruibilità di un'esperienza dipende da diversi fattori tra cui le esperienze che la precedono o la seguono;
  2. Il consumo turistico ha frequenze di fruizione molto più basse di un normale prodotto di consumo ed è quindi più difficile raccogliere dati storici rappresentativi, anche in considerazione del fatto che l'inclinazione personale tende a modificarsi nel tempo;
  3. Il consumo turistico è fortemente contestuale e varia in base alle situazioni di fruizione, in particolare in base (i) al contesto ambientale, (ii) alla finalità del viaggio e (iii) alla compagnia con la quale si condivide l'esperienza.
- In altri termini la semplice associazione tra i dati di identificazione di un utente e i dati relativi alle interazioni da esso sviluppate non è sufficiente alla costruzione di una efficace personalizzazione dell'offerta.

## 11.2 Il turista digitale

Questa situazione ha spinto i tour operator, le compagnie aeree e altri operatori turistici, a rivedere le fasi di interazione con l'utente costruendo un modello che è ormai comunemente riferito come *turismo digitale* [Gavalas et al., 2015].

Le piattaforme online dedicate al turismo, rappresentano uno strumento molto potente nelle mani del consumatore, in quanto egli diventa l'attore principale delle scelte che portano alla costruzione di un viaggio, componendone i diversi passaggi. È quindi utile identificare le fasi classiche che il turista digitale ripercorre durante la pianificazione di un viaggio:

1. *Ispirazione*: l'utente non ha ancora in mente una destinazione precisa e spesso i Recommender Systems [Ricci et al., 2011, Burke, 2007] svolgono un ruolo significativo nella proposta di mete che potrebbero rispecchiare i gusti del soggetto. Ad esempio, conoscendo la predilezione nei confronti di mete marittime, il sistema propone al turista una serie di località che sono molto ambite in quel determinato periodo dell'anno. Stesso discorso vale

per utenti con la predilezione di mete culturali, dove il sistema propone delle visite a mostre in località di interesse;

2. *Ricerca*: una volta stabilita la meta, inizia un processo di ricerca di tutti gli aspetti necessari allo svolgimento della vacanza, partendo dal mezzo di trasporto per arrivarvi, fino all'alloggio e alla modalità di spostamento sul luogo. In questo caso le proposte vengono ordinate in base a una serie di filtri di interesse selezionati dall'utente, per esempio il prezzo o le recensioni, e in base alla disponibilità nel periodo di svolgimento selezionato;
3. *Prenotazione*: una volta trovate le soluzioni più adeguate ai bisogni di ciascuno, si procede alla prenotazione. Spesso molti utenti, dopo aver svolto delle ricerche, preferiscono rivolgersi direttamente alle agenzie fisiche per una maggiore praticità o fiducia. In altri casi, invece, si passa da un utilizzo dei servizi di acquisto gestiti dalle piattaforme. Questa fase può essere distinta in una precedente alla partenza (solitamente riservata all'acquisto di pacchetti, trasporti e alloggi) e un'altra successiva all'arrivo nella meta (ad esempio, per servizi aggiuntivi, attività di intrattenimento o culturali, prolungare il soggiorno, prenotare ristoranti, noleggio auto);
4. *Condivisione dell'esperienza*: riguarda la condivisione di opinioni, pensieri, fotografie, video o testi attraverso i Social Network. In questo caso gli amici dell'utente possono ricavare informazioni o consigli su un determinato luogo che potrebbe interessargli nell'immediato o in una vacanza futura. Piattaforme dedicate alle valutazioni e alle recensioni di esperienze di consumo (es. Tripadvisor) hanno rafforzato questo modello consentendo la condivisione con tutti quei viaggiatori che in futuro vorranno valutare la stessa esperienza.

Il turismo digitale è quindi un modello nel quale la raccolta, l'analisi e lo sfruttamento dei dati diventa l'elemento centrale attorno al quale ruotano i modelli di business. Per questa ragione la capacità di processare flussi di dati in continua crescita è diventata uno degli aspetti maggiormente strategici delle nuove piattaforme di turismo [Damiani et al., 2015]. Questa osservazione ci porta ad affrontare il tema dei Big Data.

### 11.3 Big Data

Il termine Big Data si riferisce genericamente ad una gigantesca collezione di informazioni, ma in realtà, nell'uso attuale, si estende alle tecnologie legate alla loro gestione. Tali tecnologie sono finalizzate alla gestione degli enormi quantitativi di dati che contraddistinguono queste collezioni, le cui dimensioni si aggirano nell'ordine degli zettabyte (uno zettabyte corrisponde a un trilardo di byte).

In particolar modo, è importante constatare in cosa differisce una piattaforma Big Data da un classico sistema di database basati sul modello relazionale. In un database relazionale è possibile rappresentare una vastissima collezione di informazioni in maniera strutturata (ossia seguendo specifici modelli logici di

rappresentazione), mentre ciò che contraddistingue una piattaforma Big Data è la mancanza di una comune struttura di rappresentazione per i dati, in quanto la mole di informazioni richiede che i dati siano distribuiti su un elevato numero di computer. I Big Data sono infatti il risultato della acquisizione continua di dati da sorgenti eterogenee e l'imposizione di un modello comune risulterebbe quindi inefficace[Ardagna et al., 2017].

Nel 2010, l'allora amministratore delegato di Google, Eric Schmidt, affermò: “nel giro di due giorni produciamo la stessa quantità di dati generati dagli albori della civiltà sino al 2003”. Ad esempio, Google riceve più di 2 milioni di query di ricerca al minuto; ogni giorno vengono inviati 340 milioni di messaggi (tweet) tramite il social network Twitter; un motore di un aereo, genera circa 10 TB di dati ogni trenta minuti di volo.

In un contesto del genere, è apparso subito chiaro alle aziende che l'analisi di questa grande mole di dati avrebbe potuto costituire un tesoro utile a prevedere, analizzare e risolvere problemi di varia natura. Combinati con le opportune analitiche i Big Data hanno il potenziale per dare alle imprese soluzioni più efficaci in tempi più brevi. Le previsioni di mercato, lo studio del comportamento dei clienti, l'ottimizzazione dei processi, la personalizzazione dei processi decisionali e di produzione, sono tra i campi di applicazione ritenuti più interessanti. Da non trascurare il fatto che le tecnologie Big Data sono progettate per lavorare con dati eterogenei, ovvero permettono l'integrazione di formati di dati differenti e quindi consentono la valorizzazione di risorse informative sia interne che esterne alle organizzazioni e favoriscono la federazione di quei processi di business che insistono sulla valorizzazione di asset comuni.

## 11.4 Modelli dimensionali: le cinque V dei Big Data

Nel corso degli anni molti analisti hanno sviluppato dei modelli per definire il concetto dei Big Data. In particolare, le caratteristiche costitutive dei Big Data, possono essere racchiuse nel cosiddetto “Modello delle cinque V” 11.1 le seguenti peculiarità:

**Volume:** Una delle principali caratteristiche dei dati. L'aggettivo “Big” con cui si descrive questo nuovo fenomeno, è significativo in tal senso. Il volume effettiva del dataset, e si riferisce alla capacità di memorizzare e accedere a grandi quantità di dati (per alcune compagnie nell'ordine dei Petabyte nell'ordine degli Zettabyte pari a 100 petabytes).

**Velocità:** le informazioni che costituiscono un insieme di Big Data vengono generate sempre più rapidamente. Queste moli informativi devono essere archiviati e analizzati con la stessa tempestività e velocità, quasi in tempo reale. Identificare una tendenza, un'opportunità, è la chiave per ottenere vantaggi competitivi ed economici

**Veracità:** nei Big Data, la qualità e l'accuratezza sono meno controllabili (basti pensare ai post di Twitter con hashtag, abbreviazioni, refusi e conversazioni colloquiali nonché l'affidabilità e l'accuratezza dei contenuti).



**Figura 11.1:** Le cinque V dei Big Data

**Varietà:** i dati distribuiti ed eterogenei non possono più essere organizzati da uno schema perché dipendono da più formati, semantica e tipi di strutture dati.

**Valore:** avere così tante informazioni su un particolare oggetto o soggetto non implica necessariamente che l'informazione sia utile. È necessario eliminare il "rumore" in esso contenuto. Quindi si può tranquillamente affermare che il "valore" è la V più importante dei Big Data.

Nel 2001, l'analista Doug Laney aveva proposto la prima versione di questo modello limitandosi a tre dimensioni: Volume, Velocità e Veracità. Ma l'evoluzione tecnologica ha presto imposto aggiornamenti. Non è da escludere che nei prossimi decenni vengano introdotte altre caratteristiche volte a migliorare la significatività del modello.

Sicuramente il turismo è una delle applicazioni più pertinenti, benché ancora poco esplorato, del concetto di Big Data. Infatti, le fonti di dati sono molteplici e di natura molto diversa, generando un flusso continuo di impressionanti moli di dati; caratteristiche che rendono i dati del turismo un esempio perfetto di Big Data, come definiti nel modello a 5 V. La varietà dei Big Data turistici è data dalla molteplicità delle loro fonti e dalla eterogeneità dei dati che esse forniscono in termini di volumi, veracità e velocità. Oltre ai tradizionali dati amministrativi dei singoli musei, ai dati governativi sui flussi turistici e ai più recenti dati raccolti da sensori in ambito IoT quali RFID e beacon, attualmente si parla di Big Data nell'ambito del turismo riferendosi principalmente ai dati del web. La maggior

parte delle operazioni e transazioni relative al turismo vengono effettuate online dagli utenti che mentre cercano informazioni, pianificano, prenotano e comprano servizi relativi alle visite turistiche, commentano e postano immagini e video, in realtà lasciano la loro impronta-dati sul web[Bellandi et al., 2019].

Ne forniamo una classificazione in base alla fonte e al tipo di dato: strutturato e non strutturato

- *Fonti amministrative e governative* Sono dati derivanti da fonti ufficiali, tipicamente governative, sui flussi aggregati del turismo culturale e dati derivanti dalle amministrazioni dei singoli siti culturali quali le vendite di biglietti e del merchandasing. Sono tutti dati strutturati;
- *Siti web: dati di transazioni on-line.* Sono le operazioni di prenotazione e acquisto on-line, ma anche le statistiche offerte dagli analytics delle pagine web visitate dagli utenti. Sono dati strutturati;
- *Dati dai dispositivi.* Dati raccolti in modo passivo dai dispositivi degli utenti e dalle applicazioni relative. Possono essere dati GPS, WiFi, Bluetooth, RFID e beaconing. Sono dati strutturati, principalmente raccolti a fini organizzativi, ma che sempre più vengono coinvolti nell'analisi del comportamento dei visitatori. Vengono raccolti non solo dalle singole realtà culturali ma anche dalle città stesse che in ottica smartcity si stanno via via attrezzando con progetti di IoT;
- *Dati dagli utenti.* Nel processo di co-creazione gli utenti forniscono dati quali testi on-line, immagini e video che vengono raccolti nei social media e sono basati su opinioni e comportamenti individuali. Questi ultimi sono dati non strutturati e rappresentano la sfida maggiore.

## 11.5 Processi di lavorazione dei Big Data

Una efficace gestione delle tecnologie Big Data non può prescindere da una accurata progettazione del processo di lavorazione dei dati, comunemente riferito come Big Data pipeline. Una pipeline si compone di passaggi di trasformazione e analisi che devono modificare lo stato e il contenuto dei dati attraverso una serie di procedure eseguite in sequenza o in parallelo. La definizione di questi processi è un'attività progettuale complessa che include l'individuazione delle fasi necessarie alla preparazione dei dati, la selezione di algoritmi di analisi appropriati alla tipologia di dati da esaminare, la definizione delle strategie di memorizzazione e di elaborazione, la selezione di strumenti di reportistica e presentazione dei risultati [Ardagna et al., 2018a]. Dalla definizione di tali processi derivano molte delle scelte relative alla configurazione dell'architettura computazionale che dovrà essere predisposta. Non esiste al momento uno standard di riferimento che normi la fasi delle pipeline Big Data. Per presentarle in modo sintetico seguiremo il raggruppamento in aree proposto dal progetto H2020 TOREADOR<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> <http://www.toreador-project.eu>

### 11.5.1 Data Preparation

La preparazione dei dati specifica le attività necessarie a preparare i dati per le analitiche. Nel contesto dei Big Data i dati da elaborare tipicamente derivano da più fonti, ognuna delle quali richiede appropriati metodi di acquisizione. Ad esempio, i dati irrilevanti o già osservati devono essere filtrati; il formato di rappresentazione del dato richiede spesso di essere trasformato nel formato supportato dalle analitiche, che può essere strutturato o non strutturato ma in ogni caso richiede una normalizzazione allo schema implicitamente applicato dalle analitiche. In alcuni casi, per poter correggere il dato è necessario applicare una fase di analisi dell'intero data set. Pensiamo ad esempio ad una collezione di rilevazioni annuali fortemente sbilanciata su un arco temporale che viene ribilanciata applicando tecniche di ridimensionamento del campione. Un aspetto importante della fase di preparazione coinvolge il grado di riservatezza del dato [Vijayshankar and Hellerstein, 2000]. Prima di procedere con le analitiche potrebbe essere necessario aumentare il livello di offuscamento dei dati, in conformità con i regolamenti sulla privacy, o per difendere la proprietà intellettuale dell'organizzazione.

### 11.5.2 Data Representation

La rappresentazione dei dati specifica come i dati sono rappresentati e memorizzati e definisce il modello di rappresentazione per ogni processo di analisi. La memorizzazione del dato è uno dei problemi principali da affrontare quando si devono trattare moli di dati di grandi dimensioni ed in continuo aggiornamento. L'infrastruttura a supporto dei Big Data consiste in insiemi di nodi di archiviazione ed elaborazione distribuiti in rete, in grado di scalare dinamicamente, ovvero aggiungere nodi, a seconda della quantità di dati da gestire. Il compito di fornire una visione unificata dell'infrastruttura di archiviazione distribuita, consentendo di eseguire operazioni di lettura e scrittura, è affidato a file system distribuiti. I file system distribuiti più conosciuti sono Google File System (GFS) ed Hadoop Distributed File System (HDFS).

Diversi modelli di database sono stati proposti negli anni per memorizzare, gestire ed organizzare dataset eterogenei e di ampie dimensioni. L'impossibilità di organizzare i dati attraverso un unico stabile schema ha mostrato l'inadeguatezza del modello RDBMS. L'organizzazione logica dei dati è dunque affidata alle basi di dati NoSQL che abbandonano le restrizioni imposte dal modello relazionale e si caratterizzano per la facile replicazione dei dati su nodi distribuiti.

Alla fase di memorizzazione viene affiancata spesso una fase di integrazione che consiste in ulteriori elaborazioni e trasformazioni dei dati per normalizzarli secondo i requisiti della fase di analisi. Inoltre, è spesso necessario acquisire una visione unificata dei dati, integrando le diverse sorgenti o anche aumentando i dati attraverso operazioni di lettura in tempo reale [Ardagna et al., 2018b].

### 11.5.3 Data Analytics

L'analisi dei dati specifica gli algoritmi da eseguire per analizzare i dati e sintetizzare modelli in grado di supportare attività decisionali.

Diversi modelli statistici e algoritmi di apprendimento sono stati modellati all'interno dei framework e delle librerie Big Data. Tecniche di data mining, machine learning, di analisi statistica, di analisi della correlazione, possono essere applicate ai Big Data con diversi impatti sulla possibilità di rendere la computazione scalabile. L'adattamento richiesto implica la definizione di un modello di parallelizzazione del carico computazionale. Il modello maggiormente in uso è MapReduce, integrato nel framework Apache Hadoop [Mark Grover and Shapira, 2015], che permette l'esecuzione di operazioni algoritmiche su cluster di macchine general purpose. Molto utilizzato è anche Google Pregel che consente di eseguire elaborazioni distribuite su grafi di grandi dimensioni, come ad esempio il grafo delle relazioni tra gli utenti di una social network.

Per essere efficace una analitica deve essere compatibile con la rappresentazione dei dati. La verifica della coerenza tra le proprietà dei data set analizzati e gli algoritmi applicati non è un'operazione semplice, e in alcuni casi non può che essere svolta a posteriori, in quanto non esistono riduzioni del dataset in grado di fornire indicazioni certe. Tra le proprietà da verificare ricordiamo il livello di astrazione adottato nei dati, il bilanciamento delle classi del campione, il grado di stazionarietà del dataset. Un esempio di proprietà del dataset che può essere valutata solo una volta applicata l'analitica è il coefficiente di variazione dei risultati ottenuti.

### 11.5.4 Data Processing

L'elaborazione dei dati specifica le modalità e i flussi di trasferimento dei dati, che nel contesto Big Data implicano solitamente strategie di parallelizzazione. L'esecuzione di algoritmi su grandi quantità di dati è spesso legata ad un paradigma computazionale, noto come MapReduce, che ha riscosso notevole successo grazie alla capacità di associare semplicità, generalità ed efficienza. MapReduce codifica un calcolo parallelo come una sequenza di cicli, ciascuno dei quali consiste nel calcolare in parallelo una funzione Map e una funzione Reduce a liste di coppie chiave-valore. Questo paradigma ricorda la programmazione funzionale classica in quanto l'accesso ai dati di input è definito sulla base del valore trasmesso: di conseguenza le modifiche ai dati che avvengono sui nodi deputati alla computazione non si propagano ai dati originali. La comunicazione tra funzioni Map e funzioni Reduce e quella tra un ciclo Map-Reduce e il successivo avviene mediante la generazione di nuove coppie chiave-valore.

A differenza di quanto accade nella programmazione funzionale classica, con MapReduce le liste in uscita dalle funzioni non devono avere la stessa cardinalità di quelle di ingresso. Al contrario, una funzione Map fa corrispondere la sua

lista di ingresso a un numero arbitrario (ma di solito inferiore) di coppie in uscita. Una funzione Reduce di solito trasforma una grande lista di coppie in pochi valori di output. Il guadagno di prestazioni di MapReduce deriva dal fatto che (i) i nodi Map funzionano in parallelo su diversi sottoinsiemi di dati e (ii) non tutti i valori in uscita dai nodi Map vengono ridotti dallo stesso nodo Reduce. Solitamente, sono disponibili più riduttori, ciascuno dei quali riceve dai vari Map un elenco di coppie aventi la stessa chiave, e calcola la funzione Reduce su di esse, indipendentemente dalle operazioni che si svolgono in altri nodi.

Un'altra questione aperta riguarda il bilanciamento del carico. Le prestazioni complessive del modello MapReduce sono fortemente dipendenti dal bilanciamento delle dimensioni delle liste inviate ai nodi Reduce. Tale bilanciamento può essere ottenuto mediante la scrittura di funzioni di Map intelligenti. Una funzione Map intelligente potrebbe prendere in considerazione la distribuzione di età nel personale di un'azienda, e inviare allo stesso nodo Reduce più classi d'età che contengono pochi dipendenti, riservando invece un intero nodo Reduce per ciascuna delle classi più grandi.

### 11.5.5 Data Visualization e Reporting

Le metodologie di reportistica e gli strumenti di visualizzazione ed esplorazione dei dati specificando le modalità di presentazione dei risultati delle analitiche ed il tipo di interazione che l'utente finale potrà svolgere su di essi.

Per estrarre conoscenza dai dati, in particolare se ci sono incognite sconosciute, l'analisi non può che basarsi sul giudizio umano e l'interazione diretta con i dati. Le grandi capacità di percezione e classificazione del sistema cognitivo umano possono essere sfruttate con efficacia utilizzando visualizzazioni evolute. L'analisi visuale combina le tecniche di analisi dei dati con visualizzazioni interattive per migliorare la comprensione, il ragionamento e le decisioni in presenza di insiemi di dati molto grandi e di difficile sintesi.

L'interpretazione dei parametri analizzati può fornire suggerimenti utili a verificare ipotesi empiriche, prendere decisioni di business più efficaci, individuare nuovi mercati nei quali investire, sviluppare campagne di marketing scientifico mirate e migliorare, in generale, l'efficienza operativa.

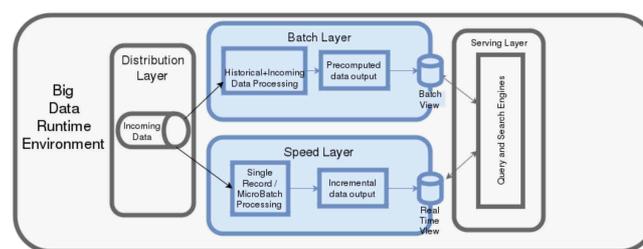
## 11.6 Architetture tecnologiche

Tra le soluzioni tecnologiche adottate per la gestione dei Big Data, quella più in auge è sicuramente rappresentata dalla suite della Apache Foundation. In particolar modo la piattaforma Hadoop è un prodotto Open Source, concepito per offrire supporto ad applicazioni distribuite e semplificare le operazioni di storage e gestione di dataset di grandi dimensioni. Il componente centrale della piattaforma è l'Hadoop Distributed File System (in sigla HDFS), un file

system distribuito, portabile e scalabile scritto in Java. Il file system può essere distribuito su un cluster di elaboratori, controllati centralmente dal sistema, il quale suddivide i dati da elaborare sui diversi nodi di calcolo. Questo garantisce scalabilità al sistema in quanto all'aumentare del carico computazionale è sempre possibile aumentare il numero di nodi, è inoltre possibile ottimizzare le prestazioni riducendo al minimo i tempi di accesso e limitando i trasferimenti in rete. I dati infatti possono essere collocati in prossimità delle procedure preposte alla loro elaborazione.

Una importante distinzione nel mondo dei Big Data è legata all'elaborazione di dati in modalità *Batch* o *Stream*. Nel primo caso i dati da elaborare sono interamente disponibili in una sorgente, che, per quanto sia distribuita, consente di accedere all'intero dataset e, se necessario, di applicare su di esso più passi di elaborazione. Nel secondo caso i dati sono acquisiti attraverso un flusso in continuo aggiornamento e il volume e la velocità di aggiornamento del flusso non consentono di archiviare l'intero dataset, quindi un solo passo di elaborazione potrà essere applicato sui dati. L'architettura Lambda (*Lambda Architecture*) è stata proposta come soluzione alla gestione coordinata di elaborazioni in modalità Batch e Stream [Thomas Vanhove and Turck, 2016]. Questa soluzione è stata originariamente pensata da Nathan Marz, noto nella community per il suo lavoro nel progetto Storm.

L'architettura Lambda è studiata per gestire la complessità dell'analisi di grandi moli di dati pur essendo in grado di memorizzarli ed elaborarli efficacemente. Mira infatti a soddisfare le esigenze di un sistema robusto che sia tollerante agli errori e che sia in grado di gestire una vasta gamma di carichi di lavoro e di casi d'uso, in cui accessi ai dati a bassa latenza e frequenti aggiornamenti sono necessari. Il risultato è quello di avere una architettura linearmente ed orizzontalmente scalabile e distribuita.



**Figura 11.2:** Lambda Architecture

Questa architettura, mostrata in Figura 11.2, è divisa in tre livelli, Batch, Speed e Serving layers. **Batch Layer** è responsabile di due compiti. Il primo di immagazzinare datasets, (generalmente viene usato lo storage HDFS di Hadoop), il secondo di elaborare della views (precomputing) di questi dataset attraverso algoritmi MapReduce. L'elaborazione di queste views è un processo continuativo: all'arrivo di nuovi dati essi sono inseriti nello storage e aggregati nelle views che vengono rielaborate costantemente. Seguendo la filosofia dell'architettura

(query = function (all data)) le views batch sono generate dall'intero dataset a disposizione, per cui la loro frequenza di aggiornamento non può essere molto alta.

Come nello strato batch, anche nello *Speed Layer* vengono elaborate delle views dai dati acquisiti. Compito di questo livello è quello di compensare l'alta latenza del livello Batch e ciò viene fatto elaborando le views in real-time. Per ottenere questo, le views real-time si basano solo sui nuovi dati ricevuti. Mentre il lato batch è stato progettato per ricalcolare continuamente le views da zero, le views real-time usano un modello incrementale: le views non vengono ricreate, ma solo incrementate con il contenuto basato sui dati più recenti. Queste views sono pensate per essere transitorie: non appena i nuovi dati sono stati propagati agli altri livelli, le views relative a questi dati possono essere scartate. Ciò va a vantaggio della complessità del sistema.

L'output dello strato batch è un set di file che contengono le views pre-elaborate. Compito del *Serving Layer* è di indicizzare e fornire le views al sistema di query, il quale interrogherà sia le views batch che quelle real-time, unendone i risultati.

## 11.7 Casi di studio

Per questi motivi le Società Trident Suisse SA e PRIME Consulting S.r.l. di Trento, nel 2014, con la collaborazione dell'Università degli Studi di Milano, hanno eseguito un'indagine coinvolgendo gli operatori impegnati nella intermediazione del prodotto turistico operanti in Trentino e nelle regioni confinanti. In particolare, l'indagine ha coinvolto il gruppo delle agenzie di viaggio di Italic Turismo (circa 70 agenzie di viaggio attive su tutto il territorio nazionale) e il tour operator Ignas Tour di Egna che raggruppa oltre 3.000 hotel di cui il 30% presenti sul territorio provinciale. L'obiettivo dell'indagine era comprendere il ruolo degli agenti di viaggio e degli operatori turistici nella intermediazione del prodotto turistico e quali strumenti utilizzati per costruire proposte di vacanza e interagire con la clientela per conoscere i propri bisogni. Da questa indagine sono emersi i seguenti fabbisogni:

1. *disporre* di proposte di viaggio e soggiorno, di un determinato ambito, aggiornate e convalidate dai giudizi espressi dai fruitori;
2. *conoscere* gli specifici interessi del fruitore, interagendo con lui, utilizzando la rete dei nuovi media costruire offerte viaggio "ad personam" utilizzando la grande quantità di dati di dettaglio che sono oggi generati dai diversi attori (catene hotel, consorzi, tour operator, APT, ecc.), ma che non sono oggi reperibili in un'unica banca dati;
3. *creare offerte* estremamente *personalizzabili*, outgoing verso destinazioni internazionali ma anche incoming, per valorizzare l'offerta territoriale trentina;

4. *eliminare*, per quanto possibile, l'utilizzo dei *cataloghi cartacei preconfezionati*, che non permettono di disporre di proposte e informazioni aggiornate, riducendo anche il numero degli eventi di presentazione dei prodotti (workshop) che comportano elevati costi di partecipazione e di trasferimento;
5. *agevolare* e accelerare la *ricerca* dei prodotti/servizi presenti sul mercato ottenendo risposte in tempo zero. Ridurre i costi e i tempi di reperimento e circolazione dei servizi viaggio e soggiorno utilizzando una piattaforma digitale;
6. avere un *unico interlocutore* con cui contrattualizzare l'acquisto di prodotti/servizi e gestire le componenti amministrative e contabili legate al pacchetto vacanze acquistato.

## 11.8 Turismo nel futuro

Nel contesto del turismo si può affermare che è in fase di definizione una nuova generazione di applicazioni nelle quali le tecnologie Big Data giocheranno un ruolo centrale. Negli ultimi anni si è attivata una tendenza in costante crescita che prevede che gli utenti da osservatori semplici diventino acquirenti diretti di servizi turistici, tutto questo grazie all'accessibilità diretta offerta dal Web e ai sistemi di recommendation erogati attraverso portali o integrati nei social media. Tutto questo ha portato a un vantaggio significativo per il consumatore, la cui ricerca si è semplificata e accelerata ma ha per quanto riguarda i fornitori di servizi turistici, ha introdotto delle complessità. Questi ultimi infatti devono essere in grado di emergere in un panorama commerciale molto ampio e spesso molto uniforme e devono essere in grado di veicolare la propria offerta attraverso nuovi strumenti elettronici. Si noti che la fase di prenotazione può essere suddivisa in due sottofasi: i) prima della partenza (solitamente riservata all'acquisto di pacchetti, trasporto e alloggio) e ii) dopo l'arrivo a destinazione (ad esempio per servizi aggiuntivi, attività di intrattenimento o culturali, prolungando il soggiorno, prenotazione ristoranti, noleggio auto). Condivisione: riguarda la condivisione di opinioni, pensieri, foto, video o testi attraverso i Social Media. Gli amici dell'utente possono ottenere molte informazioni o consigli su un luogo particolare che potrebbe essere di suo interesse nelle vicinanze. Un ruolo rilevante è anche svolto da valutazioni, recensioni e voti che il turista effettua attraverso siti speciali consultati direttamente da altri viaggiatori che sono alla ricerca di esperienze turistiche. In altre parole, questo nuovo modo di gestire e condividere le informazioni sui servizi turistici consente di unire le informazioni provenienti dai tour operator con informazioni generate direttamente dagli utenti. Ciò aumenta in gran parte i dati disponibili e apre le porte a una nuova generazione di sistemi di consulenza turistica[Borràs et al., 2014]. Per questi motivi e per soddisfare queste nuove esigenze si necessita di nuove tecnologie in grado di analizzare grandi mole di dati di natura diversa e con sorgenti diverse. Le tecnologie Big Data permetteranno quindi nel prossimo futuro di

elaborare questi dati e quindi faranno nascere una nuova era del turismo, dove le informazioni e le loro condivisioni saranno la chiave di volta per le scelte dei viaggiatori.

### **11.9 La necessità di una piattaforma di Big Data analytics**

La frammentazione dell'offerta dei contenuti culturali da parte dei musei si riflette nella frammentazione dei dati relativi alle visite turistiche on-site.

Se da una parte esistono dati aggregati sui flussi turistici a livello nazionale, regionale e metropolitano che sempre più vengono resi disponibili e pubblici, essi però permettono di rappresentare e predire solo le macro-dinamiche del mondo del turismo, fornendo ai musei informazioni sì di ampio respiro, ma troppo ad alto livello per diventare veramente un cardine decisionale. Vengono quindi generalmente utilizzati per predire picchi o possibili alterazioni stagionali del flusso turistico in modo da adeguare i servizi necessari.

Dall'altra parte i singoli musei si attrezzano via via di più per raccogliere dati relativi alla loro singola realtà: dai dati relativi alla vendita di biglietti e al merchandising nel caso più semplice, fino al tracciamento degli interessi degli utenti durante la visita tramite tecniche di beaconing, passando dall'analisi delle proprie community on-line, almeno nei musei più attenti all'innovazione tecnologia e alle politiche data-driven. Tali dati sono concentrati sulla singola realtà museale e, al contrario dei precedenti, permettono precise valutazioni della micro-dinamica dei flussi di visitatori, ma limitano troppo la visione a una singola realtà non permettendole di ampliare la propria audience, profilare i visitatori in base alle loro preferenze di viaggio e culturali o segmentare la propria audience per azioni di comunicazione efficienti ed efficaci.

Con questa premessa risulta chiara, anche dal punto di vista dell'analitica, la necessità di una piattaforma in grado di conservare la precisione e quindi l'utilità dei microdati, ma di offrire una visione più ampia tramite la loro aggregazione inter-museale. L'ottica inter-museale si declina innanzitutto all'interno della smart-city o comunque del territorio, che, attrezzato con progetti di IoT (Internet of Things), permette la raccolta da grandi dati sui flussi di mobilità e di interesse dei turisti.

Gli obiettivi di un progetto di Big Data analytics intra e inter-museale sono molteplici, ne elenchiamo i più rilevanti e significativi sia dal punto di vista del museo che di quello del turista.

Dal punto di vista delle organizzazioni, il fine principale è l'allargamento e la fidelizzazione della propria audience e l'incremento dell'efficienza della propria struttura organizzativa. La raccolta inter-museale dei dati dei turisti permette tramite l'analisi longitudinale e cross-visita di conoscere le attitudini e le preferenze reali delle persone, favorendo così lo sviluppo di sistemi di raccomandazione e di diffusione di informazioni rivolti a piccoli gruppi omogenei o addirittura a singoli soggetti. In questo modo ogni museo si trova immerso in una filiera dove la propria offerta è resa visibile ai turisti particolarmente

interessati ai suoi contenuti e con variabili di contesto geografico, temporale e semantico convenienti. Dall'altra parte, il visitatore ha il beneficio di un viaggio culturale in cui i servizi e i contenuti sono adattati alle sue esigenze, aspettative e interessi, aumentando quindi il suo engagement. Tale risultato porta alla chiusura del cerchio in quanto un visitatore con alto engagement aumenta la sua fidelizzazione ai siti culturali di sua preferenza. Inoltre, l'analisi dei social media da una parte permette ai visitatori di partecipare al processo di co-creazione e di rivelare le loro opinioni e sentimenti, dall'altra aiuta i musei ad incrementare la customer satisfaction e a pianificare future attività sulla base dei reali gusti e opinioni degli utenti. La Big Data analytics inoltre è funzionale all'organizzazione interna dei flussi del museo. In questo ambito i dati sensoriali e l'IoT in generale sono gli strumenti cardine in quanto permettono la descrizione puntuale dei percorsi dei visitatori. Al di là delle ovvie ricadute sulla profilazione degli interessi degli utenti, l'analisi di tali dati permette anche di regolare i flussi e le code in ingresso.

## 11.10 Big Data analytics

I Big Data così raccolti permettono di effettuare analisi statistiche, di data mining e di intelligenza artificiale a supporto della business intelligence, per inferire informazioni a *livello macroscopico*, riferendosi all'intera rete dei musei italiana, *livello mesoscopico* riferendosi a realtà omogenee che possono essere sia geografiche quali una regione, sia semantiche quali un tema culturale inter-museale, ma anche a *livello microscopico* rivolte al singolo museo, ma che sfruttino i Big Data derivanti dalla panoramica nazionale.

I benefici a lungo termine dell'utilizzo del Big Data analytics ricadono chiaramente sia sulla filiera delle realtà museali che metteranno a frutto la sinergia dei loro sforzi nell'offerta culturale sia sui visitatori che troveranno risposte migliori in termini di qualità dell'esperienza di visita, in quanto troveranno risposta alle loro attese, preferenze e motivazioni e quindi vedranno aumentare il loro livello di engagement.

Infatti, la Big Data analytics offre ai musei informazioni affidabili, aggiornate e soprattutto filtra le informazioni rilevanti da quelle non significative, generando conoscenza intra e inter-museale quale le motivazioni di visita, le preferenze e attitudini degli utenti, i servizi attesi, i canali di comunicazioni migliori, le abitudini di visita e molto altro. Questo permetterà loro anche di automatizzare i processi, renderli più efficienti, sviluppare nuove offerte e migliorare le esistenti, precedere la domanda dei propri visitatori e aumentare la propria audience sfruttando la conoscenza inter-museale ed infine rinforzare il processo di co-creazione.

D'altro canto, i visitatori verranno supportati durante le loro visite culturali in quanto riceveranno le informazioni di cui necessitano quando, come e dove gli è più conveniente, potranno ricevere suggerimenti di visite o di attività nel contesto in cui si trovano e coerenti coi loro interessi, otterranno un'esperienza

culturale significativa in quanto arricchita on-site delle informazioni tailored su di essi e sul loro contesto geografico, temporale, culturale, sociale ed emotivo. Infine sia i musei che i visitatori potranno creare una rete sociale in cui la comunicazione e la condivisione delle esperienze culturali sarà facilitata e arricchita dalla co-presenza di tutti gli attori in gioco.

## **11.11 Tecniche di analisi di Big Data**

La Big Data analytics sfrutta la pletora di tecniche statistiche, di data mining, di network science e di intelligenza artificiale per generare conoscenza dalla mole di dati strutturati e non strutturati raccolti nella piattaforma di Big Data.

Senza entrare nel dettaglio delle tecniche di analisi, riportiamo di seguito le macro-analisi più utilizzate rispetto agli obiettivi di conoscenza sia da parte dei musei che da quella dei visitatori di cui sopra.

### **11.11.1 Analisi di testo/audio/video per opinion e sentiment analysis e affective computing**

L'analisi del testo, dell'audio o del video estraggono informazioni dai dati testuali, audio o video lasciati on-line dagli utenti. Si riferiscono solitamente ai feed sui social network quali le pagine Facebook/Twitter/Instagram/Snapchat/Youtube dei musei che raccolgono le loro comunità di utenti intorno alle pagine sui social media che amministrano. L'analisi del testo include analisi statistiche, di linguistica computazionale e di intelligenza artificiale che permettono di capire gli argomenti, le opinioni e i sentimenti degli utenti. Per esempio, la sentiment analysis viene utilizzato per stimare la positività/negatività dei visitatori rispetto ad una iniziativa culturale sulla base dei loro post sui social media. Analizzando i commenti dei visitatori, un museo può implementare la propria customer satisfaction, capire quali sono le attività da migliorare e in generale capire qual è la reale opinione dei propri utenti.

### **11.11.2 Analisi di predizione dei comportamenti dei visitatori**

Gli obiettivi di una analisi di predizione sono raggruppabili in due grandi categorie. La prima consiste nel capire come delle variabili indipendenti influiscano su una variabile dipendente. Molte sono le tecniche utilizzabili, tra cui le più note sono quelle di regressione lineare e logistica. Per esempi, o potrebbe essere utilizzata per capire come il livello di engagement di un visitatore influisca sulla sua fidelizzazione. Nel secondo gruppo vi sono le analisi di predizione di un risultato futuro sulla base della storia passata del soggetto. Le tecniche più

utilizzate sono o statistiche sulla base di analisi di serie temporali ma soprattutto di intelligenza artificiale, tra cui il deep learning. Nel campo del turismo la predizione dei comportamenti futuri dei visitatori sulla base delle precedenti visite ed interessi dimostrati permette di predire le loro future visite.

### **11.11.3 Social media mining per l'analisi delle community online e la rilevazione degli influencer**

L'analisi della propria community on-line permette di evidenziare gli influencer, identificare i gruppi di persone coesi o le comunità o capire come un'informazione si propaga nella community.

### **11.11.4 Clustering analysis per la segmentazione dell'audience**

L'obiettivo della metodologia di clustering è la suddivisione dei soggetti in gruppi omogenei in modo tale che gli elementi dello stesso gruppo siano quanto più simili possibili e quelli di gruppi diversi siano il più dissimili possibile. La segmentazione nel marketing viene definita come "il processo attraverso il quale le imprese suddividono la domanda in un insieme di clienti potenziali, in modo che gli individui che appartengono allo stesso insieme siano caratterizzati da funzioni della domanda il più possibile simili tra loro e, contemporaneamente, il più possibile diverse da quelle degli altri insiemi". Le tecniche di clustering risultano quindi essere le più adatte ad operare il processo di segmentazione della popolazione turistica in modo da ottenere gruppi di visitatori omogenei in termini di interessi culturali, ma anche di preferenze di viaggio o rispetto a variabili di contesto. L'apprendimento delle regole di associazione è un metodo per scoprire correlazioni interessanti tra variabili in grandi dati. È stato utilizzato per la prima volta dalle principali catene di supermercati per scoprire relazioni interessanti tra i prodotti, utilizzando i dati dei sistemi POS (punti vendita al dettaglio) dei supermercati. Nell'ambito dell'industria del turismo permette di trovare correlazioni tra gli interessi culturali dei visitatori per sviluppare sistemi di raccomandazione in grado di suggerire agli utenti la visita di realtà culturali che potrebbero essere di loro interesse.

## **Riconoscimenti**

Questo lavoro è stato parzialmente supportato dalla Società eTravelfarm srl nell'ambito del progetto eTravelfarm, dalla convenzione di finanziamento Europeo H2020 grant agreement n° H2020-688797 e dal programma "Piano sostegno alla ricerca 2018" finanziato dall'Università degli Studi di Milano.

## Riferimenti bibliografici

- [Ardagna et al., 2018a] Ardagna, C., Bellandi, V., Bezzi, M., Ceravolo, P., Damiani, E., and Hebert, C. (2018a). Model-based big data analytics-as-a-service: Take big data to the next level. *IEEE Transactions on Services Computing*.
- [Ardagna et al., 2017] Ardagna, C., Bellandi, V., Ceravolo, P., Damiani, E., Bezzi, M., and Hebert, C. (2017). A model-driven methodology for big data analytics-as-a-service. pages 105–112.
- [Ardagna et al., 2018b] Ardagna, C., Bellandi, V., Ceravolo, P., Damiani, E., Di Martino, B., D'Angelo, S., and Esposito, A. (2018b). A fast and incremental development life cycle for data analytics as a service. pages 174–181.
- [Bellandi et al., 2019] Bellandi, V., Ceravolo, P., Damiani, E., and Tacchini, E. (2019). Designing a recommender system for touristic activities in a big data as a service platform. *Intelligent Systems Reference Library*, 159:13–33.
- [Borràs et al., 2014] Borràs, J., Moreno, A., and Valls, A. (2014). Intelligent tourism recommender systems: A survey. *Expert Systems with Applications*, 41(16):7370–7389.
- [Burke, 2007] Burke, R. (2007). Hybrid web recommender systems. In *The adaptive web*, pages 377–408. Springer.
- [Damiani et al., 2015] Damiani, E., Ceravolo, P., Frati, F., Bellandi, V., Maier, R., Seeber, I., and Waldhart, G. (2015). Applying recommender systems in collaboration environments. *Computers in Human Behavior*, 51:1124–1133.
- [Gavalas et al., 2015] Gavalas, D., Kasapakis, V., Konstantopoulos, C., Pantziou, G., Vathis, N., and Zaroliagis, C. (2015). The ecompass multimodal tourist tour planner. *Expert systems with Applications*, 42(21):7303–7316.
- [Mark Grover and Shapira, 2015] Mark Grover, Ted Malaska, J. S. and Shapira, G. (2015). Pattern: Hadoop application architectures: Designing real-world big data applications. *O'Reilly Media, Inc.*
- [Ricci et al., 2011] Ricci, F., Rokach, L., and Shapira, B. (2011). Introduction to recommender systems handbook. In *Recommender systems handbook*, pages 1–35. Springer.
- [Thomas Vanhove and Turck, 2016] Thomas Vanhove, G. v. S. and Turck, F. D. (2016). Managing the synchronization in the lambda architecture for optimized big data analysis. *IEICE Transactions*, (2):297–306.
- [Vijayshankar and Hellerstein, 2000] Vijayshankar, R. and Hellerstein, J. M. (2000). An interactive framework for data cleaning. *Computer Science Division*.



# Capitolo 12

## I sistemi di raccomandazione

Fabio Clarizia, Massimo De Santo, Francesco Pascale, Domenico Santaniello

### 12.1 Introduzione

Le domande che ci poniamo ogni giorno, anche le più banali, implicano delle scelte che incideranno inevitabilmente sulla nostra vita quotidiana o su quella di chi ci circonda.

- Quale televisore comprare?
- Quale film vedere in streaming stasera?
- Qual è la vacanza più adatta per me e la mia famiglia?
- Quale degli ultimi romanzi potrebbe piacermi?

Per trovare una risposta a queste domande possiamo farci consigliare da un amico, informarci sul Web o chiedere a un team di esperti del settore. Non sempre però queste soluzioni possono andar bene, infatti può capitare che i suggerimenti di chi conosciamo non siano del tutto utili oppure che non abbiamo il tempo per documentarci a sufficienza sull'argomento. Inoltre, le opzioni da considerare sono spesso innumerevoli e questo rende ancora più complicato il nostro compito. Per risolvere il problema, di particolare interesse anche per i fornitori delle diverse tipologie di servizi o prodotti (item), sono stati sviluppati dei sistemi, chiamati Sistemi di Raccomandazione (Recommender System). L'utente è così aiutato nella scelta e questo si traduce anche in un più facile guadagno per i fornitori [Colace et al., 2017].

I sistemi di raccomandazione trovano applicazione in diversi settori, ma hanno un unico scopo: aiutare le persone a effettuare scelte basandosi su più aspetti. Data una persona, questi aspetti possono essere, per fare un esempio, la sua cronologia, ovvero gli acquisti effettuati o le recensioni scritte, o ancora le preferenze di persone con interessi simili.

### 12.1.1 I dati utilizzati

I sistemi di raccomandazione fanno uso di tre tipologie di dati:

- *Item*: ciò che viene raccomandato. Gli item possono essere descritti attraverso la loro utilità e complessità. Ogniqualevolta un utente sceglie un item sostiene un costo composto da quello monetario, per acquistare l'item, e un costo cognitivo, ovvero l'impegno usato per cercare e poi trovare l'item (il beneficio ricevuto dall'utente deve ovviamente superare tali costi). Nei Recommender System è fondamentale capire in che modo le caratteristiche degli item influenzano l'utilità dell'item stesso.
- *Utenti*: i soggetti che ricevono le raccomandazioni. Sono caratterizzati da profili specifici e i Sistemi di Raccomandazione devono sfruttare queste diversità. Le informazioni sfruttate dipendono dalla tecnica di raccomandazione utilizzata.
- *Transizione*: un'interazione registrata fra utente e sistema. Memorizza informazioni durante l'utilizzo del sistema da parte dell'utente. Tali informazioni serviranno poi per generare le raccomandazioni.

### 12.1.2 Una definizione formale

Una definizione formale del problema delle raccomandazioni può essere espressa in questi termini: sia  $U$  l'insieme degli utenti del sistema e  $I$  l'insieme degli oggetti che possono essere raccomandati. Si definisce funzione di utilità, una funzione  $f : U \times I \rightarrow R$  che misura quanto un dato oggetto  $i$  sia utile ad un determinato utente  $u$ .  $R$  è un insieme totalmente ordinato e i suoi elementi rappresentano quantitativamente l'utilità di un'oggetto per un utente. In pratica, l'utilità di un oggetto è tipicamente rappresentata da una valutazione (per esempio numerica) che un utente ha assegnato o che assegnerebbe ad un oggetto.

## 12.2 Tecniche di raccomandazione

Le tecniche di raccomandazione utilizzate possono essere:

- *Raccomandazione basata sul contenuto (Content-based System)*: allo utente verranno raccomandati item simili a quelli che ha preferito in passato;
- *Raccomandazione collaborativa (Collaborative System)*: allo utente saranno raccomandati item scelti da altri utenti con preferenze e interessi simili;
- *Approcci ibridi (Hybrid System)*: questi metodi in genere combinano metodi collaborativi e content-based.

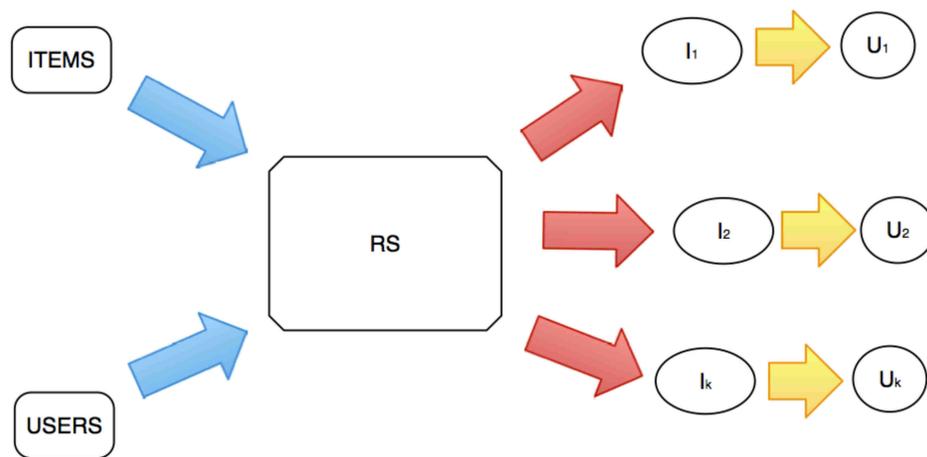


Figura 12.1: Schema a blocchi di un Sistema di Raccomandazione

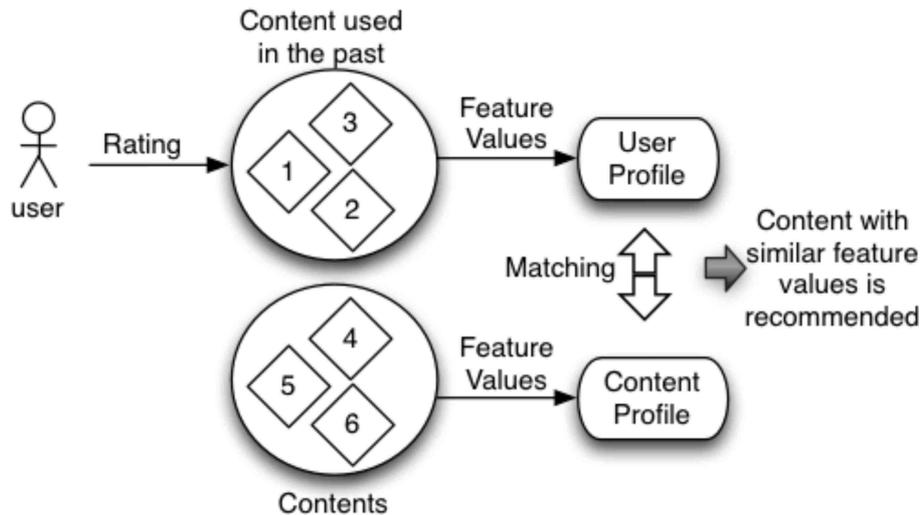
### 12.2.1 Content-Based System

Nei sistemi di raccomandazione content-based, l'utilità di un elemento  $i \in I$  per un utente  $u \in U$  è stimata sulla base dell'utilità assegnata dallo stesso utente per altri elementi che sono simili a  $i$ . In altre parole, in maniera più formale, nei metodi di raccomandazione content-based, l'utilità  $f(u, i)$  è stimata a partire dall'utilità  $f(u, i_j)$  assegnata dall'utente  $u$  per gli oggetti  $i_j \in I$  che sono simili all'oggetto  $i$ . Ad esempio, al fine di suggerire un film ad un utente, un'applicazione content-based cerca di capire i punti in comune con i film che l'utente ha valutato in passato (attori, registi, generi, ecc.).

L'approccio basato sul contenuto ha origine dall'Information Retrieval. Il miglioramento, rispetto ai tradizionali approcci di questo tipo, deriva dall'utilizzo dei profili utente che contengono informazioni su gusti, preferenze ed esigenze. Queste informazioni possono essere ricavate dagli utenti in modo esplicito, ad esempio tramite questionari o registrazioni, oppure implicitamente esaminando il loro comportamento dinamico nel tempo.

I metodi di filtraggio sui contenuti si basano principalmente su informazioni e caratteristiche degli oggetti che stanno per essere raccomandati. In altre parole, gli algoritmi alla base di queste tecniche cercano di raccomandare ad un utente elementi simili a quelli che ha apprezzato in passato o che sta esaminando, con forte interesse, nel presente. In particolare, diversi oggetti vengono confrontati con elementi precedentemente classificati dall'utente e verranno consigliati solo quelli con il miglior matching.

Fondamentalmente, questi metodi utilizzano un insieme di attributi che caratterizzano l'elemento all'interno del sistema, ovvero un vettore pesato. I pesi di questo vettore denotano l'importanza di ogni caratteristica per l'utente e possono essere calcolati usando tecniche differenti: approcci semplici utilizzano valori medi, mentre altri metodi più sofisticati utilizzano tecniche di apprendimento automatico (come classificatori bayesiani, alberi decisionali e reti neurali artificiali) per stimare le probabilità. Un feedback diretto da parte di un utente,



**Figura 12.2:** Schema di funzionamento per raccomandazione basata sul contenuto

ad esempio sotto forma di un semplice pulsante like/unlike, può essere utilizzato per assegnare un peso maggiore o minore all'importanza di un attributo.

Un elemento chiave per il filtraggio content-based è rappresentato quindi dalla capacità del sistema di imparare le preferenze degli utenti sfruttando le loro azioni relative a una fonte di contenuti e utilizzarle su altri tipi di contenuto. D'altra parte, uno dei principali inconvenienti di queste tecniche è relativo al fatto che esse non beneficiano della grande quantità di informazioni che possono essere ricavate analizzando il comportamento di altri utenti.

Riassumendo, questo approccio analizza le caratteristiche di un item per raccomandare oggetti con proprietà simili, ovvero item simili ad altri preferiti dall'utente in passato. Le raccomandazioni basate sul contenuto sfruttano due elementi: la descrizione dell'item e il profilo utente; sia il profilo utente che la descrizione degli item sono solitamente descritti dallo stesso insieme di features. Questa scelta viene sfruttata durante la raccomandazione: se un utente, per esempio, ha valutato positivamente un libro thriller, allora gli verranno suggeriti libri dello stesso tipo. Il feedback dell'utente può essere usato per alzare o abbassare i pesi delle features.

Questo tipo di raccomandazione ha due vantaggi principali:

- non richiede la presenza di molti utenti nel sistema per effettuare raccomandazioni;
- i nuovi item possono essere immediatamente raccomandati, basta conoscerne le features.

### 12.2.1.1 Limiti del Content-Based System

Possiamo elencare tre limiti principali per questo approccio:

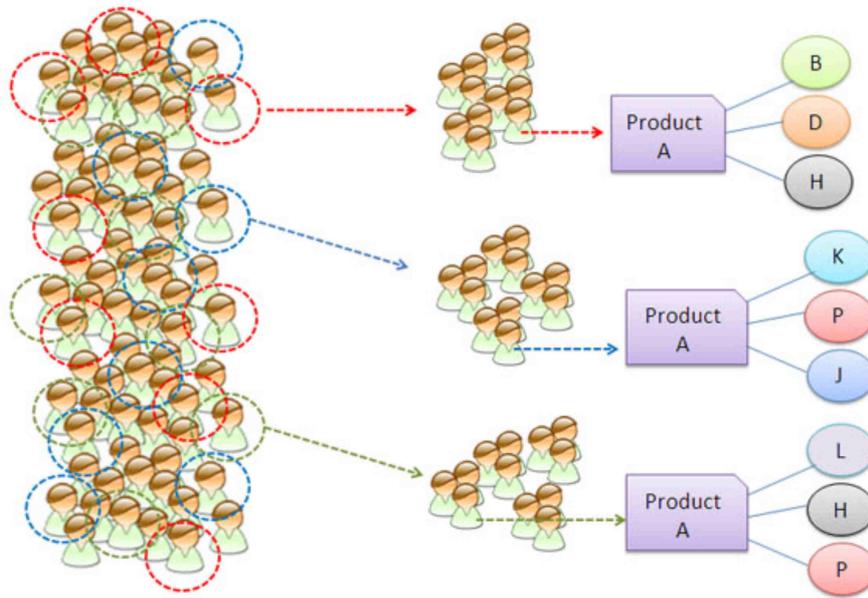
- *Analisi dei contenuti limitata*: tecniche basate sui contenuti sono limitate dalle caratteristiche associate agli oggetti che questi sistemi raccomandano. Pertanto, al fine di avere un insieme di caratteristiche, il contenuto deve essere espresso in un formato analizzabile automaticamente da un elaboratore. Metodi di estrazione automatici sono più difficili da applicare a dati multimediali, ad esempio, immagini, stream audio e flussi video. Un altro problema è rappresentato dal fatto che due elementi differenti, rappresentati dalla stessa serie di caratteristiche, risultano indistinguibili;
- *Sovra-specializzazione*: con approcci content-based, si rischia di non consigliare mai nulla che esuli dal genere preferito dell'utente, il che può rendere i consigli del sistema noiosi e ridondanti. In taluni casi, infatti, gli oggetti non dovrebbero essere raccomandati se si avvicinano molto a qualcosa che l'utente ha già acquistato o utilizzato, ad esempio un articolo che descrive lo stesso evento approfondito dall'utente poco prima. Una parziale soluzione, in questo caso, potrebbe essere quella di introdurre un po' di casualità nei risultati;
- *Nuovo utente (cold start)*: l'utente deve votare o esaminare un sufficiente numero di elementi prima che il sistema di raccomandazione content-based possa davvero comprendere le sue preferenze e presentare raccomandazioni affidabili. Pertanto, un nuovo utente non è in grado di ottenere suggerimenti precisi [Zhang et al., 2016].

### 12.2.2 Collaborative-Filtering System

Il Collaborative Filtering è un processo di filtraggio utilizzato per valutare gli elementi da raccomandare utilizzando le opinioni di una comunità di utenti [Geuens et al., 2018]. Questa tecnica prende le sue radici da quello che hanno fatto gli esseri umani per secoli: la condivisione di opinioni. Si pensi a persone che parlano di libri che hanno letto, di ristoranti che hanno provato, di film che hanno visto e poi a utilizzare queste discussioni per formare opinioni.

Ovviamente, i computer e il Web ci permettono di superare il semplice passaparola: invece di limitarci a decine o centinaia di individui, siamo in grado di considerare facilmente opinioni di migliaia di persone. La velocità dei sistemi di calcolo ci consente poi di elaborare queste opinioni in tempo reale e determinare non solo ciò che una comunità molto più grande pensa riguardo un elemento, ma anche di sviluppare una visione personalizzata, utilizzando le opinioni più appropriate per un determinato utente o gruppo di utenti [Colace et al., 2015b].

L'idea principale dietro il filtraggio collaborativo è quello di associare, a ogni utente, un insieme di altri utenti con profili simili, raccomandando, in questo modo, gli elementi sulla base della somiglianza tra utenti [Zhang et al., 2016]. Queste strategie di solito soffrono del fatto che un nuovo elemento diventa disponibile per la raccomandazione solo quando un numero sufficiente di utenti



**Figura 12.3:** Schema di funzionamento del filtraggio collaborativo

lo hanno visto e valutato, e non sarà possibile effettuare raccomandazioni affidabili per un utente che non è abbastanza simile a qualsiasi altro utente.

Il filtraggio collaborativo lavora quindi sull'idea di analizzare le preferenze umane (chiamate anche valutazioni) sugli oggetti di un particolare dominio e associarli a utenti che condividono gli stessi gusti [Colace et al., 2015a].

Formalmente, l'utilità  $f(u, i)$ , di un oggetto  $i$  per un utente  $u$  è stimata sulla base delle utilities  $f(u_j, i)$  assegnate all'oggetto  $i$  per quegli utenti  $u_j \in U$  che sono simili all'utente  $u$ . Ad esempio, in un'applicazione per la raccomandazione di film, al fine di consigliare un film ad un utente, i sistemi di raccomandazione collaborativi cercano di trovare altri utenti con gusti simili (valutano gli stessi film allo stesso modo). Soltanto i film più apprezzati da quest'ultimi saranno poi raccomandati.

In particolare, i sistemi di filtraggio collaborativi producono previsioni o raccomandazioni per un determinato utente e uno o più elementi. Gli elementi possono consistere in qualsiasi cosa per la quale un essere umano può fornire un giudizio, come libri, CD, articoli di riviste o destinazioni di vacanza.

Le valutazioni, in un sistema di filtraggio collaborativo, possono assumere varie forme:

- *valutazioni scalari* (valutazioni numeriche), come i valori “star” da 1 a 5, oppure *valutazioni ordinali*, come Ottimo, Buono, Sufficiente, Appena sufficiente e Insufficiente;
- *valutazioni binarie*, ad esempio accordo/disaccordo o buono/cattivo;
- *valutazioni unarie* che possono indicare se un utente ha osservato un oggetto e/o se questo oggetto è stato valutato positivamente. L'assenza di un rating indica che non abbiamo alcuna informazione concernente l'utente e l'oggetto.

Il filtraggio collaborativo presenta dunque dei vantaggi:

- non richiede conoscenze specifiche (features) sugli item come, ad esempio, il genere di un film o di un libro, la tipologia di musica, ecc.;
- offre serendipity dei risultati.

Al fine di effettuare le raccomandazioni, il sistema deve raccogliere i dati. La raccolta di questi dati può avvenire sfruttando due metodi. Il primo metodo consiste nel chiedere valutazioni esplicite ad un utente, in genere utilizzando una scala di valutazione. Il secondo è quello relativo alla raccolta di dati impliciti: quando l'utente è in un determinato dominio d'interesse, il sistema ha il compito di registrare le sue azioni nell'ambiente.

I dati sono espliciti quando gli utenti dicono al sistema che cosa pensano di un elemento. Ad esempio, l'utente può dare un voto numerico ad un item (contenuto) compilando un apposito campo (rating bar) mostrato sul display. La raccolta di dati espliciti risulta facile da catturare e da utilizzare; i feedback che un utente fornisce possono essere interpretati direttamente come preferenze dell'utente stesso, rendendo più facile fare estrapolazioni dai dati per prevedere le future valutazioni.

Anche se il punteggio esplicito è abbastanza preciso, ha alcuni svantaggi:

- fermarsi a effettuare valutazioni esplicite può alterare i modelli normali di visualizzazione;
- a meno che gli utenti non sappiano che vi è un beneficio nel fornire i feedback, potrebbero smettere di esplicitare il rating.

I dati impliciti invece hanno la peculiarità di essere raccolti in grandi quantità senza alcun sforzo supplementare da parte dell'utente. D'altra parte, questi dati sono molto più difficili da elaborare e valutare, infatti richiedono la conversione del comportamento dell'utente in preferenze.

La valutazione implicita può essere divisa in tre categorie:

- *valutazione basata sull'esame*, quando un utente prende in esame un elemento;
- *valutazione basata sul mantenimento*, quando un utente salva un elemento;
- *valutazione basata sul riferimento*, quando un utente effettua collegamenti da un elemento a un altro elemento.

In particolare, per determinare le preferenze implicite degli utenti, sono stati stabiliti alcuni criteri che utilizzano principalmente la visualizzazione di un oggetto, il tempo speso ad osservare l'oggetto (l'utente è molto interessato a quell'oggetto o al suo contenuto) e l'accesso all'oggetto tramite un motore di ricerca.

Anche se i rating impliciti sono difficili da determinare, hanno i seguenti vantaggi:

- ogni interazione con il sistema (o anche un'assenza di interazione) può contribuire alla valutazione implicita;
- possono essere raccolti a titolo gratuito;

- possono essere combinati con diversi tipi di valutazioni implicite per una valutazione più accurata;
- possono essere combinati con valutazioni esplicite per una valutazione migliore.

Questi due metodi di raccolta dei dati (impliciti ed espliciti) non si escludono a vicenda. Una combinazione dei due approcci ha la possibilità di migliorare i risultati complessivi.

Una volta che i dati sono stati raccolti, al fine di fare previsioni, possono essere utilizzate due tipologie di filtraggio. Il metodo più semplice consiste in un filtraggio passivo, ovvero un filtraggio che utilizza semplicemente l'aggregazione di dati come, ad esempio, la valutazione media di un oggetto. Il metodo più avanzato è relativo ad un filtraggio attivo che utilizza modelli derivati dalla storia dell'utente. Con il filtraggio passivo, ad ogni utente con profilo simile saranno date le stesse previsioni relative ad un determinato elemento. Con il filtraggio attivo, il sistema prende in considerazione anche le scelte precedentemente effettuate dal singolo utente.

### 12.2.2.1 Limiti del Collaborative-Filtering System

I sistemi collaborativi hanno i loro limiti, che possiamo raggruppare sotto il nome di “the cold start problem”, ovvero *problema di avviamento a freddo*. Questo problema descrive situazioni in cui un sistema non è in grado di formulare raccomandazioni significative a causa di una iniziale mancanza di valutazioni. Questo problema può significativamente portare a un degrado delle prestazioni del sistema e può verificarsi in tre scenari principali:

- *Nuovo utente*: lo stesso problema riscontrato nei sistemi content-based. Per restituire raccomandazioni accurate, il sistema deve dapprima apprendere le preferenze dell'utente dai voti che l'utente stesso fornisce. Diverse proposte sono state fatte per risolvere questo problema: la maggior parte delle soluzioni utilizzano un approccio ibrido in grado di combinare tecniche content-based e collaborative.
- *Nuovo elemento*: nuovi elementi vengono aggiunti regolarmente nei sistemi di raccomandazioni e i sistemi collaborativi si basano unicamente sulle preferenze degli utenti per fornire raccomandazioni. Per questi motivi, finché un nuovo item non viene votato da un numero sufficiente di utenti, il sistema di raccomandazione non sarà in grado di raccomandarlo. Questo problema può anche essere risolto utilizzando approccio ibridi di raccomandazione;
- *Nuova comunità*: il più grande problema è la generazione di una nuova comunità. Se il valore di un nuovo contenuto risiede nelle sue raccomandazioni, allora senza rating potrebbe non avere un valore sufficiente e non tratterrebbe gli utenti abbastanza a lungo per ottenere nuove valutazioni. La soluzione più comune è quella di fornire un incentivo di rating per un piccolo sottoinsieme della comunità, prima di invitare tutta la comunità a utilizzare quel contenuto. Altre soluzioni sono di generare inizialmente

raccomandazioni utilizzando approcci di filtraggio non-collaborativi o di iniziare con una serie di valutazioni utilizzando un'altra origine (al di fuori della comunità).

Un altro problema, di cui il filtraggio collaborativo soffre, è relativo alla sparsity (scarsa densità): in qualsiasi sistema di raccomandazione, il numero di valutazioni già ottenute è solitamente molto piccolo rispetto a quelle che devono essere predette. Una previsione efficace da un ristretto numero di esempi è dunque importante. Inoltre, il successo del sistema di raccomandazione collaborativo dipende dalla disponibilità di una massa critica di utenti. Ad esempio, nel sistema di raccomandazione dei film, è possibile trovare elementi votati solo da un ristretto numero di utenti e che verrebbero quindi raccomandati molto di rado, anche se i pochi voti ottenuti sono alti. Inoltre, per un utente con gusti insoliti rispetto al resto della popolazione, il sistema di raccomandazione sarà povero di suggerimenti. Un modo per superare questo problema è utilizzare i profili utente per il calcolo della somiglianza: in questo modo, due utenti potrebbero essere considerati simili non solo se valutano gli stessi elementi in maniera analoga, ma anche se appartengono allo stesso segmento demografico.

### 12.2.3 Hybrid System

L'efficacia del processo di raccomandazione può essere migliorata combinando il filtraggio content-based e le strategie di collaborazione [Paradarami et al., 2017]. La fusione di questi due metodi in un approccio ibrido aiuta infatti ad evitare i limiti analizzati precedentemente e può essere ottenuta attraverso:

1. l'attuazione di metodi collaborativi e di metodi basati sui contenuti separatamente, combinando poi le previsioni;
2. un sistema che incorpora alcune caratteristiche tipiche di un sistema content-based in un approccio collaborativo;
3. la costruzione di un modello unico che incorpora sia approcci basati sui contenuti che collaborativi;
4. un sistema che incorpora alcune caratteristiche del filtraggio collaborativo in un approccio content-based.

Gli approcci ibridi, quindi, combinano due tecniche di raccomandazione cercando di sfruttare i vantaggi di una per correggere gli svantaggi dell'altra [Wei et al., 2016]. Ad esempio, consideriamo l'approccio collaborativo, dove il problema principale è il *cold start*: non è possibile raccomandare item che non sono ancora stati valutati dagli utenti. Se si combina l'approccio collaborativo con un approccio content-based, gli item che non sono stati ancora votati potranno comunque essere suggeriti poiché la raccomandazione sarà fatta in base alle loro principali features.

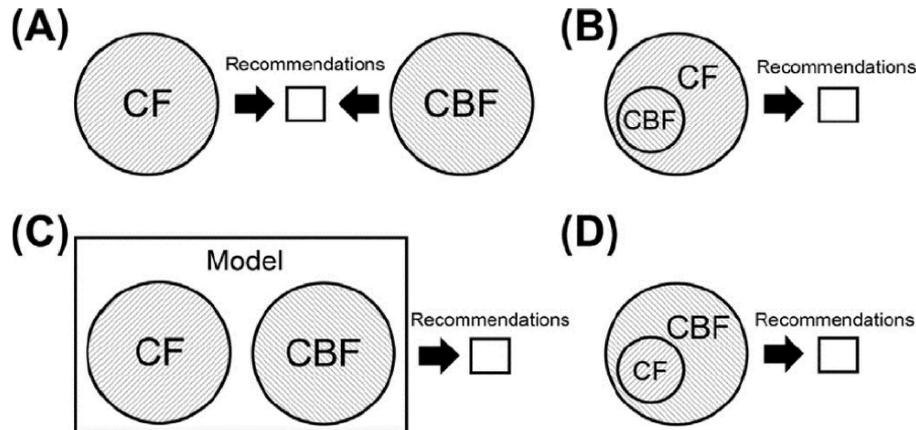


Figura 12.4: Combinazioni filtering per sistemi ibridi

## 12.3 Caratteristiche di un sistema di raccomandazione

Lo scopo di un Sistema di Raccomandazione è fornire all'utente suggerimenti che corrispondano alle sue preferenze [Alyari and Jafari Navimipour, 2018]. Per raggiungere tale obiettivo, ci sono una serie di proprietà del sistema che bisogna garantire: la trasparenza, la possibilità di correzione, l'affidabilità, l'efficacia, la capacità di persuasione, l'efficienza, la soddisfazione del cliente, l'ampiezza dei risultati, l'aggiornamento costante, la serendipità, la varietà dei suggerimenti, la robustezza, il rispetto della privacy e la scalabilità.

### 12.3.1 La trasparenza

Un RS dovrebbe spiegare all'utente il motivo dei risultati forniti. Un utente potrebbe infatti ricevere dal sistema dei suggerimenti che non corrispondono alle sue preferenze. In un Recommender System in grado di fornire spiegazioni, l'utente avrebbe quindi la possibilità di capire facilmente se l'errore è dovuto ad un malfunzionamento del sistema, oppure dalla non completezza, o dall'imprecisione, delle informazioni che lui stesso ha fornito. Nel primo caso, l'utente dovrebbe poter interagire in qualche modo con il sistema per poter comunicare l'errore; nel secondo caso, potrebbe intervenire direttamente sui suoi dati personali, correggendoli [Abdollahi and Nasraoui, 2017].

### 12.3.2 La possibilità di correzione

Dato che un Recommender System può commettere degli errori, fornendo risultati non appropriati alle caratteristiche di un utente, bisogna poter intervenire, segnalando al sistema l'errore. Le azioni possibili, in questo caso, sono di due tipi:

rifiutare un determinato suggerimento, segnalando che quella raccomandazione non è di proprio gradimento oppure applicando un filtro verso un certo tipo di contenuti. Nel primo caso, il Recommender System è di tipo adattivo, ovvero i successivi suggerimenti terranno conto dell'informazione ricevuta dall'utente, utilizzandola come ulteriore espressione di preferenze. Nel secondo caso, invece, si ha una modifica stabile dei criteri di ricerca [Yagci et al., 2017].

### **12.3.3 L'affidabilità**

L'utente dovrebbe incrementare la sua fiducia verso il sistema man mano che lo utilizza. Ovviamente questo dipende molto dall'accuratezza dei risultati proposti, che devono essere coerenti con le sue preferenze, e, in parte, anche dalla trasparenza e dalla possibilità di interagire con il sistema [Zhu et al., 2018].

### **12.3.4 L'efficacia**

Si può affermare che un Recommender System è efficace se aiuta gli utenti a compiere scelte che si rivelano soddisfacenti. Un modo per rilevare l'efficacia di un RS si ottiene attraverso l'utilizzo dei feedback. Dopo che un utente ha preso una decisione sulla base del suggerimento ricevuto, è possibile infatti capire dalla sua valutazione se il suggerimento è stato efficace oppure no.

Si pensi, ad esempio, ad un Sistema di Raccomandazione per un sito che vende libri: il sistema fornisce i titoli che dovrebbero interessare all'utente. Se, dopo l'acquisto e la lettura, il libro consigliato non si rivela appropriato ai gusti del lettore, significa che l'algoritmo utilizzato per la raccomandazione non è sufficientemente efficace [Zheng et al., 2019].

### **12.3.5 La capacità di persuasione**

Un Recommender System non dovrebbe fungere solo da strumento al servizio degli utenti per guidarli nelle scelte, bensì dovrebbe essere anche un sistema di promozione dei contenuti che invogliano gli utenti a visitare una pagina Internet, a comprare un prodotto o ad acquisire un servizio.

Certamente i suggerimenti devono comunque essere validi e corrispondere alle attese dell'utente. Spingere troppo sul tasto della persuasione senza tener conto di questi aspetti è infatti un'arma a doppio taglio: una volta che gli utenti sono stati convinti ad utilizzare il suggerimento proposto, le loro aspettative devono essere rispettate, altrimenti difficilmente continueranno ad utilizzare il sistema [Lah et al., 2016].

### 12.3.6 L'efficienza

L'efficienza di un Recommender System consiste nel rapporto tra la qualità del servizio offerto dal sistema (efficacia) e gli sforzi compiuti da un utente per trasmettere al sistema le proprie preferenze. L'utente può comunicare le preferenze personali esplicitamente, compilando il proprio profilo e selezionando di volta in volta i contenuti preferiti, oppure implicitamente. In quest'ultimo caso è il sistema che svolge il ruolo attivo, osservando i comportamenti dell'utente, tenendo traccia dell'history di navigazione e analizzando le caratteristiche comuni dei contenuti scelti. Di solito, dunque, maggiore è la propensione del sistema verso questa seconda modalità di funzionamento e maggiore è la sua efficienza [Kermany and Alizadeh, 2017].

### 12.3.7 La soddisfazione dell'utente

L'utente è soddisfatto se trova esattamente ciò che cerca. È altrettanto vero, però, che la soddisfazione dell'utente è legata anche al tipo d'interazione con il sistema: più articolato e complesso è l'utilizzo del Recommender System e maggiore è la frustrazione dell'utente. Un RS, quindi, deve essere *facile da usare, intuitivo e possibilmente curato dal punto di vista dell'interfaccia grafica*. Inoltre, gli utenti apprezzano molto la presenza di descrizioni relative agli oggetti suggeriti, considerandole propedeutiche a una scelta più consapevole [Nguyen et al., 2018].

### 12.3.8 L'ampiezza dei risultati

I suggerimenti di un RS possono essere molto accurati ma, allo stesso tempo, possono non includere dei contenuti potenzialmente interessanti per l'utente. Ciò dipende dal dataset che il Recommender System ha a disposizione. La quantità di dati a disposizione di un sistema è detta *Item Space Coverage* e un buon sistema dovrebbe garantire la massima copertura possibile.

Sempre legato all'ampiezza dei risultati è il concetto di *User Space Coverage*, cioè l'ampiezza della base di utenti registrati. Maggiore è il numero di utenti di un Recommender System e maggiori sono le loro interazioni con esso. Un RS che sfrutta la similarità dei profili utente per fornire suggerimenti, secondo il principio che persone con interessi simili possono gradire gli stessi consigli, avrà una maggiore efficacia se la base utenti è molto vasta. Allo stesso modo, se si dà la possibilità agli utenti di aggiungere descrizioni e feedback ai contenuti, un sistema con molti utenti fornirà suggerimenti più accurati [Karabadjji et al., 2018].

### 12.3.9 L'aggiornamento costante

Questa proprietà ha un duplice aspetto. Da una parte, è necessario fornire all'utente suggerimenti sempre nuovi per stimolare la sua curiosità e dare l'idea di un sistema sempre aggiornato. Dall'altra parte, è necessario fornire consigli riguardanti item che sono appena stati introdotti nel suo Item Space e per cui non esistono ancora sufficienti valutazioni da parte dell'utente [Yagci et al., 2017]. La gestione di questo secondo aspetto è molto delicata. Un approccio proposto è di tipo *Case-based Reasoning*: risolvere nuovi problemi basandosi sulla soluzione di problemi simili già affrontati in passato. Nel contesto dei Sistemi di Raccomandazione, questo si traduce nel dare un giudizio iniziale al nuovo item basandosi sulla somiglianza con altri item.

### 12.3.10 La serendipity

La serendipità è la sensazione che si prova quando, nel corso di una ricerca, si scopre qualcosa di diverso dall'oggetto della ricerca, in modo del tutto inaspettato e impreveduto. In questo contesto, il termine serendipity viene usato per indicare una misura di quanto sorprendenti risultino essere i corretti suggerimenti forniti dal sistema. Ad esempio, se un utente di un sito di film in streaming valuta positivamente molte pellicole con un determinato attore, il Recommender System potrà facilmente proporgli un nuovo film con quell'attore. Il suggerimento molto probabilmente sarà apprezzato, ma non può essere considerato sorprendente. Con una gestione del tutto casuale dei suggerimenti, al contrario, si producono consigli del tutto imprevedibili, anche se solo una piccola percentuale di essi sarà presa in considerazione dall'utente. La soluzione ottimale consiste nell'introdurre suggerimenti inattesi, ma allo stesso tempo coerenti con le preferenze dell'utente [Wang et al., 2018].

### 12.3.11 La varietà dei suggerimenti

Se i suggerimenti sono molto simili tra loro, l'utente ha a disposizione una ristretta gamma di scelta. Spesso è molto più utile avere un ampio spettro di possibilità diverse tra loro per farsi un'idea generale e semmai raffinare la ricerca in un secondo tempo, in base alle preferenze del momento [Karabadjji et al., 2018].

Si consideri, ad esempio, un RS per un sito di viaggi. Se il sistema, sulla base delle preferenze dell'utente (es. mare e immersioni), proponesse cinque alternative per lo stesso luogo (es. Polinesia), variando soltanto l'hotel o la compagnia aerea per raggiungere la destinazione, l'utente avrebbe una limitata possibilità di scelta. Sarebbe più vantaggioso, invece, ricevere dal Recommender System cinque proposte per mete differenti e, solo dopo aver scelto la destinazione, decidere per il volo e l'hotel.

### **12.3.12 La robustezza**

La robustezza di un RS è la stabilità dimostrata dal sistema a fronte di informazioni fittizie o artefatte, introdotte di proposito. Gli utenti, tramite i loro feedback, hanno la possibilità di determinare le valutazioni dei singoli item. A tal proposito, alcuni individui possono avere un interesse a modificare tali giudizi per scopi personali [Ramesh and Reeba, 2017].

Si pensi, ad esempio, al proprietario di un hotel che vuole promuovere il suo esercizio: fingendosi un cliente, potrebbe inserire una valutazione positiva riguardante i servizi offerti e, ripetendo tale artificio più volte, indirizzerebbe il giudizio complessivo a suo favore. Allo stesso modo, fingendosi cliente di un hotel vicino al suo, potrebbe introdurre nel sistema feedback negativi per mettere in cattiva luce la concorrenza.

Un Recommender System dovrebbe essere in grado di riconoscere comportamenti scorretti, anche se spesso risulta difficile poter distinguere le valutazioni veritiere da quelle artefatte. Quindi, dando per assodata la presenza di informazioni fittizie, la robustezza di un RS risiede nella capacità del sistema di fornire suggerimenti affidabili, nonostante tali intrusioni.

### **12.3.13 Il rispetto della privacy**

In un Recommender System gli utenti rivelano in modo esplicito, o implicito, le loro preferenze e i loro desideri, con lo scopo di ottenere suggerimenti utili. Tali informazioni personali dovrebbero rimanere private e non essere diffuse a terze parti a fini commerciali. Il pericolo è di essere letteralmente travolti da spam di ogni genere, sia nella casella e-mail, sia attraverso la proposizione di pubblicità personalizzate in siti Internet diversi da quello a cui appartiene il Sistema di Raccomandazione consultato. Navigando sul Web, ad esempio, è infatti abbastanza comune trovare pubblicità di hotel di una certa località, subito dopo aver cercato su una piattaforma di viaggi un alloggio per quella determinata destinazione. Tali situazioni, ovviamente, non sono gradevoli per un utente. Un Recommender System dovrebbe quindi avere una regolamentazione della privacy che garantisca agli utenti la riservatezza dei loro dati sensibili, senza cessioni a terze parti [Polatidis et al., 2017].

### **12.3.14 La scalabilità**

Un RS deve gestire grandi quantità di item e di profili utente. Gli algoritmi su cui si basa il sistema devono, perciò, essere in grado di gestire un rapido aumento sia degli uni che degli altri. Infatti, man mano che la popolarità del sito associato al Recommender System aumenta, le visite degli utenti crescono e, in proporzione, anche le loro ricerche e i loro feedback. Inoltre, si espande pure

il set di item, a causa di due processi paralleli e complementari: da una parte c'è l'aggiornamento costante dovuto alla comparsa di nuovi item, dall'altra c'è l'inserimento, da parte degli utenti, di item che già esistevano ma che non erano presi in considerazione dal sistema. Un RS, perciò, oltre a dover garantire algoritmi efficienti in grado di gestire grandi moli di dati, deve anche avere sufficienti risorse, in termini computazionali e di memoria, per gestire tali problematiche legate alla scalabilità [Yagci et al., 2017].

Idealmente un RS dovrebbe avere tutte le caratteristiche sopracitate, ma nella realtà ciò non accade. Applicazioni diverse possono avere esigenze diverse e si cerca un trade-off in base a tali necessità. Ad esempio, in alcuni casi l'accuratezza dei risultati (efficacia) può essere trascurata a favore di una maggiore varietà dei suggerimenti.

## 12.4 Sistemi di raccomandazione: alcuni esempi

Vediamo ora alcuni esempi di piattaforme Web che integrano nelle loro applicazioni un Recommender System. Il primo è Amazon, che utilizza un Sistema di Raccomandazione a fini commerciali, per proporre ai clienti i prodotti più adeguati. Il secondo esempio è relativo a Flixster, un social network dedicato al mondo del cinema, dove un RS viene utilizzato per consigliare all'utente i film che potrebbero interessargli. Il terzo, infine, è Last.fm, un sito Web che fornisce suggerimenti musicali sulla base della somiglianza tra i cantanti.

### 12.4.1 Amazon

Amazon è una compagnia di commercio elettronico statunitense con sede a Seattle, nello stato di Washington. Era il 1994 quando fa la sua comparsa Cadabra.com, che diventerà poi Amazon.com, fondata da Jeff Bezos. Lo scopo di questa azienda era quello di rivoluzionare il commercio editoriale con una libreria online in grado di soddisfare le esigenze di un territorio molto vasto come quello americano. Con il passare del tempo, il negozio virtuale è diventato sempre più grande arrivando a vendere di tutto: dai DVD al software, passando per abbigliamento, mobili, orologi, attrezzature sportive e molto altro ancora.

Il Recommender System di Amazon è basato sullo storico degli acquisti di un utente, sulle valutazioni dei prodotti più venduti e sui giudizi personali relativi ad oggetti proposti in passato. Vengono inoltre indicate anche le preferenze dei clienti con profili simili, favorendo la conoscenza di nuovi prodotti che potrebbero risultare interessanti.

In particolare, durante un'operazione d'acquisto su Amazon, attualmente ci si imbatte verso diverse forme di suggerimento di prodotti:

- “I clienti che hanno visto questo articolo, hanno visto anche”
- “Chi ha acquistato questo articolo ha acquistato anche”

- “Spesso comprati insieme”
- “Quali altri articoli acquistano gli utenti, dopo aver visualizzato questo articolo”
- “Articoli visualizzati di recente e suggerimenti in primo piano - basato sui tuoi acquisti”

### 12.4.2 Flixster

Flixster è un social network, creato da Joe Greenstein e Saran Chari nel 2005, che permette agli utenti di condividere valutazioni sui film, scoprirne di nuovi e incontrare nuove persone con gusti simili.

Il Sistema di Raccomandazioni di cui si avvale Flixster si basa principalmente sulle somiglianze tra i differenti film. Se un film A, secondo il parere degli utenti, ha una trama simile al film B e l'utente X ha valutato positivamente il film A, allora il sistema suggerirà B a X. Se X trova interessante B può decidere di vederlo e poi valutarlo, oppure di inserirlo nella lista dei film da vedere e valutarlo in un secondo momento. Qualunque sia l'azione intrapresa da X, essa sarà registrata dal sistema e influenzerà i suggerimenti successivi.

### 12.4.3 Last.fm

Last.fm è un famoso sito di musica che propone ai propri utenti consigli personalizzati riguardo ai brani che rispecchiano i loro gusti.

Last.fm si avvale di un Music Recommender System, grazie al quale è possibile ricostruire un dettagliato profilo relativo ai gusti di ciascun utente. A supporto di tale funzione è possibile scaricare un software, lo *Scrobbler*, che memorizza le canzoni ascoltate tramite i propri lettori musicali, come Windows Media Player, iTunes e molti altri ancora.

Lo Scrobbler invia a Last.fm dei messaggi, i cosiddetti *scrobbling*, per segnalare il brano che l'utente sta ascoltando. In tal modo, vengono memorizzati i brani che l'utente ascolta più spesso, il numero di volte che ha ascoltato canzoni di un certo artista, gli amici che hanno gusti simili al suo e così via. Analizzando la musica ascoltata, il Sistema di Raccomandazione di Last.fm aiuta l'utente a scoprire nuove canzoni e nuovi artisti, coerenti ai suoi gusti, attraverso consigli personalizzati. Inoltre, è possibile aggiungere tag ai brani, contribuire alle discussioni, aggiornarsi sulle ultime tendenze e scoprire le statistiche relative alle proprie cronologie di ascolto.

## 12.5 I Sistemi di raccomandazione per il turismo

Come abbiamo potuto notare, i Sistemi di Raccomandazione (RS) sono utilizzati spesso nei siti di e-commerce per aiutare gli utenti a trovare prodotti interessati in grandi cataloghi, fornendo loro delle raccomandazioni personalizzate che si adattino ai loro gusti ed interessi [Colace et al., 2019].

Ultimamente, sistemi di questo tipo hanno trovato largo impiego anche in molte piattaforme Web di servizi a supporto dei turisti. Questi sistemi raccolgono infatti le specifiche esigenze dell'utente (attività o finalità del viaggio) e i suoi vincoli (temporali o di budget), conducendolo attraverso un'interazione costante con l'applicazione stessa che ha lo scopo di fornire una serie di destinazioni raccomandate e/o di servizi e prodotti turistici connessi alla destinazione scelta [Casillo et al., 2019].

I sistemi di raccomandazione sono così in grado, ad esempio, di pianificare una vacanza all'utente senza ricorrere a servizi di un'agenzia di viaggi e sono progettati in modo da potersi integrare con app mobile. Le scelte fatte durante la fase di pianificazione precedente al viaggio stesso (destinazioni selezionate o servizi scelti e prenotati) possono essere infatti completate durante il viaggio, fornendo ulteriori raccomandazioni personalizzate [Clarizia et al., 2018]. Si possono citare, per esempio, consigli relativi al traffico nei giorni in cui l'utente ha pianificato i propri spostamenti o suggerimenti relativi ad eventi particolari che si tengono durante la permanenza del turista nella località scelta [Chang et al., 2015].

Un esempio di piattaforma RS orientata ai turisti è *TripAdvisor*. Come molte altre piattaforme, TripAdvisor ha infatti implementato un sistema di raccomandazione per fornire agli utenti suggerimenti su possibili località e strutture da visitare, sulla base della posizione dell'utente e dei voti assegnati dai passati clienti delle strutture.

## 12.6 Conclusioni e sfide aperte

L'importanza dei Sistemi di Raccomandazione è aumentata negli ultimi anni: questi sistemi rappresentano un'enorme opportunità in un moderno scenario caratterizzato dai Big Data. Attraverso l'elaborazione di grandi quantitativi di dati e l'impiego di algoritmi sempre più sofisticati, l'obiettivo è quello di fornire suggerimenti precisi agli utenti.

Il campo di utilizzo dei Recommender System è molto variegato. Se ne conosce l'utilizzo soprattutto nei negozi online, nei servizi di streaming e nei siti di divulgazione online, ovvero nei casi in cui viene messo a disposizione un grande numero di servizi o di oggetti (indipendentemente che si tratti di libri, di capi di abbigliamento o di film), poiché solo una parte di questi oggetti risulta interessante o rilevante per l'utente.

Tra le varie tipologie di sistemi di raccomandazione ci sono i sistemi basati su contenuto, i sistemi collaborativi e quelli ibridi. Si aggiungono a questi anche

servizi di raccomandazione avanzati che gestiscono e utilizzano l'intero contesto in cui un utente si trova (Sistemi di Raccomandazioni basati su tecnologie Context-Aware).

## Riferimenti bibliografici

- [Abdollahi and Nasraoui, 2017] Abdollahi, B. and Nasraoui, O. (2017). Using explainability for constrained matrix factorization. In *Proceedings of the Eleventh ACM Conference on Recommender Systems*, pages 79–83. ACM.
- [Alyari and Jafari Navimipour, 2018] Alyari, F. and Jafari Navimipour, N. (2018). Recommender systems: a systematic review of the state of the art literature and suggestions for future research. *Kybernetes*, 47(5):985–1017.
- [Casillo et al., 2019] Casillo, M., Clarizia, F., Colace, F., Lombardi, M., Pascale, F., and Santaniello, D. (2019). An approach for recommending contextualized services in e-tourism. *Information*, 10(5):180.
- [Chang et al., 2015] Chang, S., Yung, D., Colace, F., Greco, L., Lemma, S., and Lombardi, M. (2015). An adaptive contextual recommender system: a slow intelligence perspective. In *Proceedings of the 27th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, SEKE, Pittsburgh, PA, USA*, pages 6–8.
- [Clarizia et al., 2018] Clarizia, F., Colace, F., Lombardi, M., and Pascale, F. (2018). A context aware recommender system for digital storytelling. In *2018 IEEE 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, pages 542–549. IEEE.
- [Colace et al., 2015a] Colace, F., De Santo, M., Greco, L., Amato, F., Moscato, V., Persia, F., and Picariello, A. (2015a). A user-centered approach for social recommendations. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI'15), Venice, Italy*, pages 22–27. Citeseer.
- [Colace et al., 2015b] Colace, F., De Santo, M., Greco, L., Moscato, V., and Picariello, A. (2015b). A collaborative user-centered framework for recommending items in online social networks. *Computers in Human Behavior*, 51:694–704.
- [Colace et al., 2019] Colace, F., De Santo, M., Lombardi, M., and Santaniello, D. (2019). Chars: a cultural heritage adaptive recommender system. In *Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Technology Enablers and Innovative Applications for Smart Cities and Communities*, pages 58–61.
- [Colace et al., 2017] Colace, F., De Santo, M., Pascale, F., Lemma, S., and Lombardi, M. (2017). Botwheels: a petri net based chatbot for recommending tires. In *DATA*, pages 350–358.
- [Geuens et al., 2018] Geuens, S., Coussemont, K., and De Bock, K. W. (2018). A framework for configuring collaborative filtering-based recommendations derived from purchase data. *European Journal of Operational Research*, 265(1):208–218.
- [Karabadjji et al., 2018] Karabadjji, N. E. I., Beldjoudi, S., Seridi, H., Aridhi, S., and Dhifli, W. (2018). Improving memory-based user collaborative filtering with evolutionary multi-objective optimization. *Expert Systems with Applications*, 98:153–165.
- [Kermany and Alizadeh, 2017] Kermany, N. R. and Alizadeh, S. H. (2017). A hybrid multi-criteria recommender system using ontology and neuro-fuzzy techniques. *Electronic Commerce Research and Applications*, 21:50–64.
- [Lah et al., 2016] Lah, N. S. C., HUSSIN, A. R. C., RAHIM, N. Z. A., and BUSALIM, A. H. (2016). Social learning approach in designing persuasive e-commerce recommender system model. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 90(2).
- [Nguyen et al., 2018] Nguyen, T. T., Harper, F. M., Terveen, L., and Konstan, J. A. (2018). User personality and user satisfaction with recommender systems. *Information Systems Frontiers*, 20(6):1173–1189.

- [Paradarami et al., 2017] Paradarami, T. K., Bastian, N. D., and Wightman, J. L. (2017). A hybrid recommender system using artificial neural networks. *Expert Systems with Applications*, 83:300–313.
- [Polatidis et al., 2017] Polatidis, N., Georgiadis, C. K., Pimenidis, E., and Mouratidis, H. (2017). Privacy-preserving collaborative recommendations based on random perturbations. *Expert Systems with Applications*, 71:18–25.
- [Ramesh and Reeba, 2017] Ramesh, B. and Reeba, R. (2017). Secure recommendation system for e-commerce website. In *2017 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT)*, pages 1–5. IEEE.
- [Wang et al., 2018] Wang, C.-D., Deng, Z.-H., Lai, J.-H., and Philip, S. Y. (2018). Serendipitous recommendation in e-commerce using innovator-based collaborative filtering. *IEEE transactions on cybernetics*, 49(7):2678–2692.
- [Wei et al., 2016] Wei, J., He, J., Chen, K., Zhou, Y., and Tang, Z. (2016). Collaborative filtering and deep learning based hybrid recommendation for cold start problem. In *2016 IEEE 14th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 14th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 2nd Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech)*, pages 874–877. IEEE.
- [Yagci et al., 2017] Yagci, A. M., Aytakin, T., and Gurgen, F. S. (2017). Scalable and adaptive collaborative filtering by mining frequent item co-occurrences in a user feedback stream. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 58:171–184.
- [Zhang et al., 2016] Zhang, F., Yuan, N. J., Lian, D., Xie, X., and Ma, W.-Y. (2016). Collaborative knowledge base embedding for recommender systems. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining*, pages 353–362. ACM.
- [Zheng et al., 2019] Zheng, Y., Ghane, N., and Sabouri, M. (2019). Personalized educational learning with multi-stakeholder optimizations. In *Adjunct Proceedings of the ACM conference on User Modelling, Adaptation and Personalization*. ACM.
- [Zhu et al., 2018] Zhu, B., Ortega, F., Bobadilla, J., and Gutiérrez, A. (2018). Assigning reliability values to recommendations using matrix factorization. *Journal of computational science*, 26:165–177.



## Capitolo 13

# Sicurezza e protezione dati

Giovanni Livraga, Pierangela Samarati

### 13.1 Introduzione

Turismo 4.0 si basa su due concetti fondamentali: da un lato, un sistema di piattaforma che superi l'attuale frammentazione fra le diverse realtà museali e permetta la creazione di uno spazio condiviso e uniforme fra le diverse realtà museali e gli utenti; dall'altro, un *modus operandi data-driven* che permetta la creazione di contenuti personalizzati per gli utenti, basati sull'analisi di dati e informazioni eterogenee e su meccanismi di predizione. Alla base di tutto si colloca l'utilizzo di sistemi digitali, anche innovativi, distribuiti e basati su IoT ed AI, per la comunicazione e per la memorizzazione e l'analisi di dati provenienti da diverse sorgenti informative. Appare quindi evidente come lo sviluppo di una piattaforma di Turismo 4.0 sollevi numerose questioni legate alla sicurezza ed alla protezione dei dati. Mentre questo capitolo si focalizzerà principalmente su problematiche legate alla protezione dati, è necessario sottolineare l'importanza di proteggere in modo adeguato anche i sistemi e gli applicativi sviluppati con soluzioni adeguate ai particolari sistemi innovativi e distribuiti utilizzati. Ciò richiede, a titolo di esempio, soluzioni per il *controllo dell'accesso* fisico e logico ai sistemi, *firewall* e *intrusion detection system* per analizzare e limitare il traffico di rete, sistemi di *backup* per ripristinare correttamente il funzionamento dei sistemi in caso di attacco e/o malfunzionamenti, sistemi di *log* per garantire *accountability*. Per una panoramica sui rischi connessi alla cybersecurity e sulla possibile definizione di azioni e sistemi necessari a organizzare e implementare difesa e protezione, si vedano gli obiettivi e le sfide identificate ed illustrate nel *Libro Bianco sulla Cybersecurity* a cura del Laboratorio Nazionale di Cybersecurity del CINI [Cosimo et al., 2018].

## 13.2 Utilizzo di dati e rischi

Stante l'innegabile importanza di proteggere adeguatamente l'infrastruttura di sistema, questioni altrettanto pressanti derivano dall'utilizzo massivo di dati che caratterizza Turismo 4.0 che, come già accennato, fonda la propria esistenza su raccolta, memorizzazione, e analisi di grandi quantità di dati provenienti da diverse sorgenti informative. Da un lato, informazioni e dati provenienti da musei e altre realtà coinvolte sono necessari per produrre, ad esempio, cataloghi museali fruibili dagli utenti. Dall'altro lato, per fornire agli utenti servizi di raccomandazione, i sistemi e le piattaforme di Turismo 4.0 devono avere accesso a una serie di dati e informazioni provenienti dagli utenti stessi e ad essi riferibili. L'utente passa quindi da una posizione di (più o meno) passiva fruizione di informazioni e servizi generati dai singoli musei, a una posizione di più attiva partecipazione, fornendo in prima persona informazioni e dati propri. I dati utente che possono essere raccolti e analizzati sono chiaramente eterogenei, e possono includere - fra l'altro - dati personali e/o di contatto, dati di posizione (sia in termini di posizione temporanea, che di movimenti e spostamenti), raccolti e analizzati ad esempio per studiare percorsi più o meno seguiti, feedback e commenti sulle recenti esperienze turistiche, per predire suggerimenti accurati, dati raccolti da social media e altri servizi online, per aumentare la conoscenza sugli utenti e conseguentemente l'accuratezza dei suggerimenti forniti.

I rischi legati a raccolta, analisi, e condivisione più o meno controllata di informazioni sono molteplici. Ad esempio, la conoscenza dei movimenti di un utente può permettere di seguire fisicamente l'utente stesso, con chiari rischi per la persona. Dati personali e di contatto possono essere usati impropriamente o venduti a terze parti non autorizzate, a danno degli utenti. Non solo: l'analisi di dati apparentemente non sensibili può rivelare informazioni sensibili con notevole grado di precisione. A titolo di esempio, è ormai dimostrato che dall'analisi di pochi *like* messi da un utente di Facebook è possibile derivare informazioni personali e sensibili sullo stesso utente quali orientamento sessuale, etnia, orientamento politico e religioso, tratti della personalità, familiarità con uso di sostanze stupefacenti, e persino un eventuale stato di separazione dei genitori [Kosinski et al., 2013].

## 13.3 Turismo 4.0 e requisiti di protezione dati

In ambito europeo, la consapevolezza che la protezione dei propri dati sia un diritto del cittadino è pienamente riconosciuta dall'attuale regolamentazione sulla protezione dei dati: i dettami previsti dal GDPR, il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati, sono da rispettare ogni qualvolta vengano *trattati* (ad esempio, analizzati) *dati personali* di cittadini di un Paese membro dell'Unione Europea. Introducendo concetti dirompenti quali la *data protection by default* e *by design*, l'entrata in vigore del GDPR ha portato un cambio di paradigma, se non una rivoluzione, nei processi di gestione dei dati. Poiché gran parte delle

potenzialità di Turismo 4.0 si basa sull'analisi di dati degli utenti, appare evidente come i requisiti di protezione imposti dalla normativa debbano essere pienamente considerati e rispettati. Di seguito vengono illustrate alcune definizioni chiave adottate dalla normativa, per poi discutere alcuni requisiti di protezione, sempre previsti dalla normativa, che appaiono particolarmente rilevanti nel contesto di Turismo 4.0: *data protection by design/default; consenso/trasparenza; e diritto all'oblio/all'opposizione.*

Per comprendere come i requisiti previsti dalla normativa debbano essere pienamente recepiti da Turismo 4.0, è fondamentale chiarire i concetti di dato personale, di trattamento/titolare del trattamento, e di violazione di dato personale fornite dall'Art. 4 del testo del GDPR.

- *Dato personale.* Per dato personale si intende “*qualsiasi informazione riguardante una persona fisica identificata o identificabile («interessato»).* Va notato come venga considerata identificabile “*la persona fisica che può essere identificata, direttamente o indirettamente, con particolare riferimento a un identificativo come il nome, un numero di identificazione, dati relativi all'ubicazione, un identificativo online o a uno o più elementi caratteristici della sua identità fisica, fisiologica, genetica, psichica, economica, culturale o sociale*”;

- *Trattamento e titolare del trattamento.* Per trattamento si intende “*qualsiasi operazione o insieme di operazioni, compiute con o senza l'ausilio di processi automatizzati e applicate a dati personali o insiemi di dati personali, come la raccolta, la registrazione, l'organizzazione, la strutturazione, la conservazione, l'adattamento o la modifica, l'estrazione, la consultazione, l'uso, la comunicazione mediante trasmissione, diffusione o qualsiasi altra forma di messa a disposizione, il raffronto o l'interconnessione, la limitazione, la cancellazione o la distruzione*”.

Per titolare del trattamento si intende “*la persona fisica o giuridica, l'autorità pubblica, il servizio o altro organismo che, singolarmente o insieme ad altri, determina le finalità e i mezzi del trattamento di dati personali*”.

Particolare attenzione va anche posta in caso un trattamento dati debba essere effettuato per conto del titolare del trattamento (ad esempio, in caso in cui dati personali vengano condivisi con terze parti per attività di analisi). Viene infatti richiesto (Art. 28) che “*qualora un trattamento debba essere effettuato per conto del titolare del trattamento, quest'ultimo ricorre unicamente a responsabili del trattamento che presentino garanzie sufficienti per mettere in atto misure tecniche e organizzative adeguate in modo tale che il trattamento soddisfi i requisiti del presente regolamento e garantisca la tutela dei diritti dell'interessato. Il responsabile del trattamento non ricorre a un altro responsabile senza previa autorizzazione scritta, specifica o generale, del titolare del trattamento. Nel caso di autorizzazione scritta generale, il responsabile del trattamento informa il titolare del trattamento di eventuali modifiche previste riguardanti l'aggiunta o la sostituzione di altri responsabili del trattamento, dando così al titolare del trattamento l'opportunità di opporsi a tali modifiche*”;

- *Violazione di dati personali.* Per violazione si intende “*la violazione di sicurezza che comporta accidentalmente o in modo illecito la distruzione, la perdita, la modifica, la divulgazione non autorizzata o l’accesso ai dati personali trasmessi, conservati o comunque trattati*”.

Appare chiaro che la definizione di dato personale ben si applica ad una grande quantità di dati utilizzati da Turismo 4.0, le cui funzionalità sono centrate sull’utilizzo di dati e informazioni sia fornite in prima persona dall’utente, sia raccolte tramite sensori e interazioni con oggetti smart indossati dagli utenti stessi, ma comunque riguardanti persone fisiche identificate o identificabili. È dunque evidente che gran parte delle funzionalità di Turismo 4.0 si basa su operazioni che a pieno titolo possono essere considerate trattamento di dati personali, e devono quindi rispettare i requisiti di protezione dettati dalla normativa. In particolare, molte delle operazioni necessarie per il pieno funzionamento di Turismo 4.0 appaiono rientrare in operazioni di *profilazione*, vale a dire, “*qualsiasi forma di trattamento automatizzato di dati personali consistente nell’utilizzo di tali dati personali per valutare determinati aspetti personali relativi a una persona fisica, in particolare per analizzare o prevedere aspetti riguardanti (. . . ) le preferenze personali, gli interessi, l’affidabilità, il comportamento, l’ubicazione o gli spostamenti di detta persona fisica*”.

Va notato come la scelta dei soggetti ai quali delegare un trattamento dei dati rappresenta un problema primario, da gestire nel pieno rispetto dei principi di protezione dei dati. Mantenere controllo in tutti i processi di gestione e utilizzo dell’architettura, dei sistemi e dei dati di Turismo 4.0, con soggetti qualificati e correttamente attrezzati per lo scopo, diviene un obiettivo chiave da perseguire. Per inciso, delegare la gestione di un tale sistema a soggetti terzi e non italiani (quali ad esempio grandi provider di servizi online) rischierebbe anche di arrecare un danno economico al Paese, che rinunciarebbe a tutta quell’economia, tradizionalmente chiamata *data economy*, che può derivare dall’utilizzo (corretto) dei dati e dei risultati di analisi sugli stessi.

Di seguito, una breve panoramica su alcuni requisiti rilevanti per Turismo 4.0, da rispettare ogniquale volta vengano analizzati dati personali per ottenere un servizio.

- *Data protection by design/default.* L’attuale regolamentazione richiede al titolare del trattamento di dati personali di disporre di processi e tecnologie adeguate per la protezione di questi dati, e di strumenti utili a dimostrare che il trattamento viene effettuato nel rispetto dei dettami della normativa. In particolare, il requisito di *data protection by design* impone che (Art. 25 del GDPR): “(. . . ) *sia al momento di determinare i mezzi del trattamento sia all’atto del trattamento stesso il titolare del trattamento mette in atto misure tecniche e organizzative adeguate, quali la pseudonimizzazione, volte ad attuare in modo efficace i principi di protezione dei dati, quali la minimizzazione, e a integrare nel trattamento le necessarie garanzie al fine di soddisfare i requisiti del presente regolamento e tutelare i diritti degli interessati*”.

Per quanto riguarda il requisito di *data protection by default*, sempre all'Art. 25, il GDPR prevede che *“il titolare del trattamento mette in atto misure tecniche e organizzative adeguate per garantire che siano trattati, per impostazione predefinita, solo i dati personali necessari per ogni specifica finalità del trattamento. Tale obbligo vale per la quantità dei dati personali raccolti, la portata del trattamento, il periodo di conservazione e l'accessibilità. In particolare, dette misure garantiscono che, per impostazione predefinita, non siano resi accessibili dati personali a un numero indefinito di persone fisiche senza l'intervento della persona fisica.”*

In termini di Turismo 4.0, questi requisiti richiedono che le piattaforme siano ben equipaggiate di misure tecniche e organizzative che possano garantire un'adeguata protezione dati, e che venga prestata particolare attenzione a usare solamente i dati strettamente necessari;

- *Consenso e trasparenza.* Per il pieno sviluppo delle piattaforme di Turismo 4.0, è fondamentale comprendere che tutti i requisiti imposti dal GDPR si basano sul riconoscimento del cittadino come figura chiave per la gestione dei propri dati: un trattamento è lecito solo se e nella misura in cui ricorrono particolari condizioni, fra le quali che l'interessato abbia espresso (Art. 6) *“il consenso al trattamento dei propri dati personali per una o più specifiche finalità”*. Con la sua entrata in vigore, il GDPR ha dunque riconosciuto il cittadino (e dunque, nel nostro scenario, l'utente di Turismo 4.0) come proprietario dei propri dati personali, che possono essere trattati solo previo consenso per finalità specifiche e da soggetti che possano garantire protezione con misure tecniche ed organizzative adeguate. È quindi fondamentale identificare e specificare in maniera comprensibile quali sono le finalità del trattamento (ad esempio, la fornitura di servizi di raccomandazione) in una politica che deve essere accettata dagli utenti di Turismo 4.0.

Va inoltre notato che le comunicazioni devono avvenire in forma *“concisa, trasparente, intelligibile e facilmente accessibile, con un linguaggio semplice e chiaro, in particolare nel caso di informazioni destinate specificamente ai minori”* (Art. 12);

- *Diritto all'oblio/all'opposizione.* Sempre nell'ottica di cittadino al centro dei propri dati, la normativa prevede che i cittadini abbiano il diritto di ottenere dal titolare di un trattamento la cancellazione dei dati personali che li riguardano senza ingiustificato ritardo (diritto all'oblio, Art. 17) qualora sussistano fondati motivi, ad esempio quando *“i dati personali non sono più necessari rispetto alle finalità per le quali sono stati raccolti o altrimenti trattati”*, o quando *“l'interessato revoca il consenso su cui si basa il trattamento (. . .)”* e *“non sussiste altro fondamento giuridico per il trattamento”*.

Analogamente, la normativa prevede situazioni nelle quali il cittadino ha il diritto di opporsi al trattamento dei propri dati (diritto all'opposizione, Art. 21), e di non essere sottoposto *“a una decisione basata unicamente sul trattamento automatizzato, compresa la profilazione, che produca effetti giuridici che lo riguardano o che incida in modo analogo significativamente”*.

*sulla sua persona*” (Art. 22).

Nello scenario di Turismo 4.0 è quindi fondamentale da un lato garantire la possibilità agli utenti di revocare il proprio consenso al trattamento e di richiedere (e ottenere) una rapida cancellazione dei propri dati, e dall’altro non mantenere dati personali più a lungo di quanto sia richiesto dalle finalità per le quali sono stati raccolti. È inoltre importante sottolineare che, qualora il trattamento automatizzato abbia ricevuto il consenso dell’utente di Turismo 4.0, il diritto all’opposizione (Art. 22) richiede che l’utente abbia la facoltà “(. . .) *di ottenere l’intervento umano da parte del titolare del trattamento, di esprimere la propria opinione e di contestare la decisione*”.

Questa discussione dimostra come garantire adeguata protezione ai dati degli utenti, utilizzati per ottenere le funzionalità desiderate dai sistemi di Turismo 4.0, sia un compito fondamentale: ciò richiede di ottenere il consenso dagli utenti per l’utilizzo dei dati che li riguardano e per le finalità necessarie, di implementare adeguate misure tecniche e organizzative per salvaguardare i dati raccolti e analizzati, di garantire costante trasparenza nei rapporti con gli utenti, e di assicurare il pieno riconoscimento dei diritti degli utenti previsti dalla normativa.

Qualora, nonostante tutte le misure tecniche e organizzative messe in campo, una violazione di dati personali dovesse avere luogo, la normativa prevede una serie di azioni da intraprendere in tempi molto rapidi. In particolare: “*il titolare del trattamento notifica la violazione all’autorità di controllo competente (. . .) senza ingiustificato ritardo e, ove possibile, entro 72 ore dal momento in cui ne è venuto a conoscenza*” (Art. 33), e “*quando la violazione dei dati personali è suscettibile di presentare un rischio elevato per i diritti e le libertà delle persone fisiche, il titolare del trattamento comunica la violazione all’interessato senza ingiustificato ritardo (. . .) con un linguaggio semplice e chiaro*” (Art. 34).

### 13.4 Osservazioni

È necessario sottolineare come il problema della protezione dati non sia di immediata soluzione, e non a caso è un problema affrontato dalla comunità scientifica mondiale da diverse decine di anni [De Capitani di Vimercati et al., 2015]. Ad esempio, all’Art. 34, il testo del GDPR prevede alcuni casi nei quali la comunicazione al diretto interessato (nel nostro caso, l’utente di Turismo 4.0) non sia dovuta, ad esempio nei casi in cui il titolare del trattamento avesse messo in atto “*le misure tecniche e organizzative adeguate di protezione*” e tali misure fossero state applicate “*ai dati personali oggetto della violazione, in particolare quelle destinate a rendere i dati personali incomprensibili a chiunque non sia autorizzato ad accedervi, quali la cifratura*”. A tale proposito, la letteratura scientifica ha dimostrato che un utilizzo improprio della cifratura per proteggere la confidenzialità dei dati potrebbe comunque esporre dati sensibili a rischi: ad esempio, usando schemi di cifratura nei quali ogni occorrenza dello stesso valore

originale viene tradotta nello stesso valore cifrato, diventa possibile sfruttare una conoscenza a priori sulle distribuzioni attese per certi dati, per derivare il dato originale tramite le distribuzioni osservabili sui valori cifrati. La cifratura deve dunque essere adoperata in modo attento e consapevole per evitare violazioni.

Analogamente, le restrizioni del GDPR non si applicano a dati “sufficientemente anonimi”, ossia tali da non consentire l’identificazione del singolo cittadino ai quali sono riferiti. Rendere un dato anonimo è tuttavia un obiettivo estremamente complesso [De Capitani di Vimercati et al., 2012]. La prima osservazione a questo riguardo è che la de-identificazione, ossia la semplice rimozione di informazioni “identificanti” (quali ad esempio il nome, il codice fiscale, l’indirizzo mail o il numero di telefono), non rende una collezione di dati anonima. È stato infatti dimostrato che dall’intersezione di una collezione di dati de-identificata con altre sorgenti informative è possibile re-identificare piuttosto facilmente alcuni individui. Ciò è reso possibile dalla relativa unicità di combinazioni di altre informazioni (ad esempio, una combinazione di data di nascita, sesso, e luogo di residenza), che possono ridurre l’incertezza sull’identità di un dato de-identificato fino a re-identificarlo. Per evitare il rischio di re-identificazione, sono state proposte in letteratura due diverse famiglie di approcci. La prima famiglia di approcci si basa sulla rimozione di dettagli da una collezione di dati: ad esempio, anziché rilasciare/condividere/analizzare la data di nascita di un soggetto, tali soluzioni modificano i dati lasciando solo l’anno, o il mese e l’anno di nascita. Diminuendo il livello di dettaglio dell’informazione, la probabilità che una stessa combinazione di dati sia condivisa da più individui aumenta, diminuendo quindi il rischio di re-identificazione. La seconda famiglia di approcci si basa invece sull’inserimento di rumore all’interno della collezione di dati, in modo da perturbare (entro una certa soglia) i dati stessi. Entrambi gli approcci hanno lati positivi e lati negativi - da un lato, la generazione di collezioni di dati meno complete (primo approccio) garantisce la veridicità dei dati, che sono solamente meno dettagliati, mentre l’inserimento di rumore produce informazione distorta. Dall’altro lato, il primo approccio fornisce una protezione non assoluta e si basa sulla conoscenza a priori delle informazioni che potrebbero essere usate per la re-identificazione, mentre l’inserimento di rumore può offrire garanzie di protezione misurabili matematicamente. Va sottolineato inoltre come anche dati statistici (quali ad esempio valori medi o aggregati su una certa popolazione, chiamati *macrodati*) non possono, per il semplice fatto di non riportare informazioni specifiche su singoli individui, essere considerate anonime, in quanto è possibile usare particolari metodi di analisi per derivare/ricostruire le informazioni specifiche e personali dei singoli individui che hanno partecipato alla produzione della statistica. Non dovrebbero quindi essere pubblicate o condivise liberamente statistiche che rischiano di esporre dati personali e sensibili di individui.

Tutte queste osservazioni rimarcano come adeguate tecniche di protezione e procedure operative e gestionali virtuose sono essenziali per Turismo 4.0 che, per poter funzionare correttamente e diventare attrattivo per gli utenti, necessita di analisi di grandi quantità di dati e informazioni nel pieno rispetto della normativa vigente e dei diritti fondamentali degli utenti stessi. Si può quindi osservare

che l'implementazione di adeguati processi e tecniche di protezione dati non deve essere vista come un limite all'utilizzo ed all'analisi dati; al contrario, rappresenta un fattore abilitante per analizzare e/o condividere collezioni di dati anche sfruttando strumenti tecnologici avanzati, e quindi per la piena attuazione del progetto di Turismo 4.0.

## Riferimenti bibliografici

- [Cosimo et al., 2018] Cosimo, A., Leonardo, A., Arije, A., Alessandro, A., Rocco, A., Marco, B., Baldoni, R., Antonio, B., Massimo, B., Cataldo, B., et al. (2018). Il futuro della cybersecurity in Italia: Ambiti progettuali strategici. Technical report.
- [De Capitani di Vimercati et al., 2015] De Capitani di Vimercati, S., Foresti, S., Livraga, G., Paraboschi, S., and Samarati, P. (2015). Privacy in pervasive systems: Social and legal aspects and technical solutions. In Colace, F., De Santo, M., Moscato, V., Picariello, A., Schreiber, F. A., and Tanca, L., editors, *Data Management in Pervasive Systems*. Springer.
- [De Capitani di Vimercati et al., 2012] De Capitani di Vimercati, S., Foresti, S., Livraga, G., and Samarati, P. (2012). Data privacy: Definitions and techniques. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 20(6):793–817.
- [Kosinski et al., 2013] Kosinski, M., Stillwell, D., and Graepel, T. (2013). Digital records of behavior expose personal traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(15):5802–5805.

## Capitolo 14

# Piano di sostenibilità di una piattaforma digitale per il Turismo 4.0

Nicola Bellini, Gian Paolo Rossi

Questo Libro Bianco si focalizza sui processi di valorizzazione e fruizione dei beni del patrimonio culturale nazionale in uno scenario di Turismo 4.0 caratterizzato da un diffuso impiego di tecnologie digitali per superare la frammentazione dell'attuale offerta culturale mediante la creazione di un'unica piattaforma di dati e di servizi di base. Su questa base abbiamo ipotizzato un insieme articolato di servizi turistici progettati per comunicare fra loro in una logica di apertura e integrazione, con lo scopo ultimo di migliorare la qualità dell'esperienza di visita del turista. Spesso, per indicare questo complesso insieme di servizi e funzioni di piattaforma, viene usato il termine di ecosistema. Tale termine è direttamente usato anche nel Piano Strategico del Turismo da cui estraiamo la frase seguente poiché è significativa per gli scopi di questo documento:

*(Un programma) . . . che sia volto a creare un ecosistema digitale per il turismo in grado di sviluppare appieno le potenzialità messe oggi a disposizione dalla tecnologia sia per il settore pubblico che per quello privato, valorizzando gli investimenti programmati nell'infrastruttura digitale con lo sviluppo parallelo di servizi di rete adeguati al mutamento della domanda.*

Tale ecosistema presuppone l'esistenza di una piattaforma digitale in cui (progressivamente) trasferire i diversi contenuti digitali delle opere diffuse sull'intero territorio nazionale per renderle fruibili attraverso una suite di servizi di valorizzazione e di supporto alla visita con un impatto sia nazionale che territoriale. Gli autori di questo Libro Bianco credono che la messa a valore del vasto patrimonio artistico del paese, la crescita sostenibile dei flussi turistici e lo sviluppo di una nuova economia digitale legata al turismo dipendano e siano strettamente legati alla capacità di realizzare e mettere in esercizio un tale ecosistema. Tuttavia, per le criticità che tale progetto nasconde e per la varietà dei portatori di interessi coinvolti è prevedibile che non solo il successo, ma la stessa fattibilità di tale progetto dipenderà fortemente dalla capacità di delineare, fin dall'inizio, un percorso di sviluppo e di evoluzione in cui ogni attore coinvolto possa individuare il proprio spazio di valorizzazione e crescita

e dove la proprietà intellettuale, di dati e di beni culturali sia adeguatamente protetta.

I recenti anni di sviluppo impetuoso di un'economia basata su piattaforme digitali hanno portato alla creazione di imprese globali quali sono, ad esempio, Google, Amazon e Facebook. Il fenomeno non è nuovo neppure nel settore del turismo dove il modello di business centrato sulla messa a disposizione di piattaforme con un diverso grado di specializzazione funzionale ha trovato numerose declinazioni, dalle grandi OTAs (Expedia, Booking) alle piattaforme della cosiddetta sharing economy (Airbnb, Uber etc.), coprendo una grande varietà di servizi turistici a più o meno alto valore aggiunto. A fronte delle dinamiche di crescita del settore turistico, non stupisce che anche le piattaforme generaliste abbiano dedicato una crescente attenzione a questo mercato ed alla possibilità di sviluppare servizi turistici.

Google è certamente l'attore che merita la maggiore attenzione, avendo dato prova in più occasioni di saper vedere con largo anticipo spazi di mercato verso cui orientare e sviluppare il proprio business. L'esempio più evidente resta la mappatura realizzata con Google Maps, oggetto di successivi arricchimenti (ad esempio, street view) e di un enorme potenziale di sviluppi commerciali, legati alle informazioni sulla localizzazione di attività commerciali e dei siti turistici, oltre che sull'assistenza alla mobilità, includendo anche i mezzi pubblici.

E' difficile non pensare che qualcosa di simile possa accadere anche nell'ambito del turismo culturale. Il progetto di Google Art and Culture <sup>1</sup>, descritto al Capitolo 4, che, lanciato nel 2011, sta gradualmente costruendo l'archivio di immagini e descrizioni testuali delle opere custodite dai musei di tutto il mondo. Molti musei italiani sono già oggi accessibili liberamente nella loro versione digitale tramite la piattaforma Google. Appena la piattaforma sarà sufficientemente popolata e le condizioni di mercato reputate adeguate, Google potrà sviluppare propri servizi sulla piattaforma di contenuti e offrirli ai turisti e a tutti coloro che vorranno visitare i siti virtualmente.

E' lecito interrogarsi di quali potranno essere le conseguenze di un controllo da posizione dominante di questo tipo di attività, sia sulla gestione dei flussi di domanda (si pensi ad esempio alla possibilità di indirizzare l'interesse del turista anche attraverso uno storytelling efficace, come già si può vedere oggi sul sito del progetto, sia sulla opportunità di sviluppo in regime concorrenziale di nuovi servizi e di nuove imprese, nei cui confronti si eleverebbe una poderosa barriera all'entrata. A questo punto il paese avrà probabilmente perso un'occasione irripetibile di controllare e guidare strategicamente la valorizzazione del proprio patrimonio culturale.

Questo Libro Bianco prova a delineare un approccio alternativo e propone, facendo leva su una chiara separazione fra piattaforma e servizi, di assegnare ruoli nettamente separati, ma cooperanti, al pubblico e al privato, garantendo, contemporaneamente, al paese di mantenere il controllo sul proprio patrimonio artistico e al mercato l'emergere di un'offerta privata di servizi, indipendente dalle grandi imprese globali.

---

<sup>1</sup> <https://artsandculture.google.com/>

## 14.1 Proposta per l'organizzazione e gestione di un ecosistema digitale per il turismo culturale

Uno degli aspetti più distintivi dell'Ecosistema Digitale per il Turismo Culturale (nel seguito anche ETC) e nello stesso tempo fonte di ulteriori criticità, è certamente il fatto che esso non possa prescindere dalla stretta interazione e cooperazione fra pubblico e privato che si concretizza in *'organismi pubblici e governativi più aperti e disponibili a offrirsi al privato come provider di infrastruttura tecnologica, di dati e di risorse del turismo'* (rif. PST). In questo binomio di collaborazione si inserisce anche il turista che può creare e offrire valore come pure controllare la qualità del servizio e la bontà della governance.

Questo Libro Bianco trova in quanto appena riportato il framework in cui muoversi per realizzare, gestire e sviluppare un ETC. Secondo questa logica, il servizio pubblico ha la responsabilità di realizzare e mantenere nel tempo l'infrastruttura tecnologica di dati e di risorse culturali per l'ETC. L'accesso ai contenuti digitali e ai servizi di base della piattaforma è regolamentato e aperto all'uso da parte di enti, pubblici e/o privati, che intendano realizzare servizi verticali di supporto alla visita in una logica di libera competizione di mercato. Tale approccio è anche probabilmente il solo in grado di garantire agli enti proprietari dei beni culturali di continuare ad esercitare controllo e governance sulla versione digitale dei propri beni.

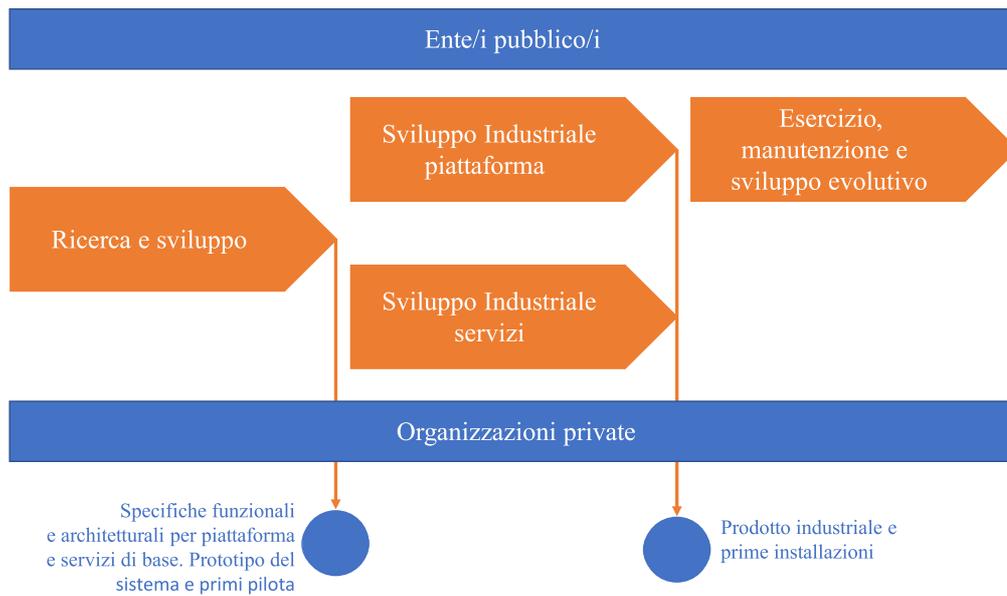
Nel seguito, proviamo ad identificare le fasi che possono portare ad un'effettiva realizzazione di un ecosistema per Turismo 4.0 e ad ipotizzare una possibile struttura organizzativa dell'ente preposto alla sua gestione.

## 14.2 Fasi di sviluppo di ETC

Il ciclo di vita dello sviluppo di un ecosistema per Turismo 4.0 segue la sequenza ben nota di Figura 14.1. Alle diverse fasi partecipano sia organizzazioni pubbliche che private. Entrambe sono coinvolte nella fase di R&D per assumere ruoli e responsabilità separate nelle fasi successive in base all'approccio introdotto sopra.

Identifichiamo 3 macro-fasi di sviluppo:

1. *Ricerca e sviluppo* - durante la quale laboratori di ricerca, accademici ed industriali, producono le specifiche della piattaforma digitale specificando i requisiti funzionali, architeturali e di progetto dell'intero ecosistema. Questa fase può essere finanziata attraverso i canali tradizionali di finanziamento pubblico di azioni di ricerca e sviluppo di interesse nazionale. Questa fase è in parte già attiva e alcuni progetti finanziati, in particolare il progetto PON VASARI citato al capitolo 4, stanno svolgendo questi compiti progettuali;
2. *Sviluppo industriale* - la fase porta alla realizzazione del sistema specificato, alla sua ingegnerizzazione e messa in produzione nelle prime installazioni pilota. Ipotizziamo che organizzazioni private siano responsabili dello



**Figura 14.1:** Macro fasi di sviluppo

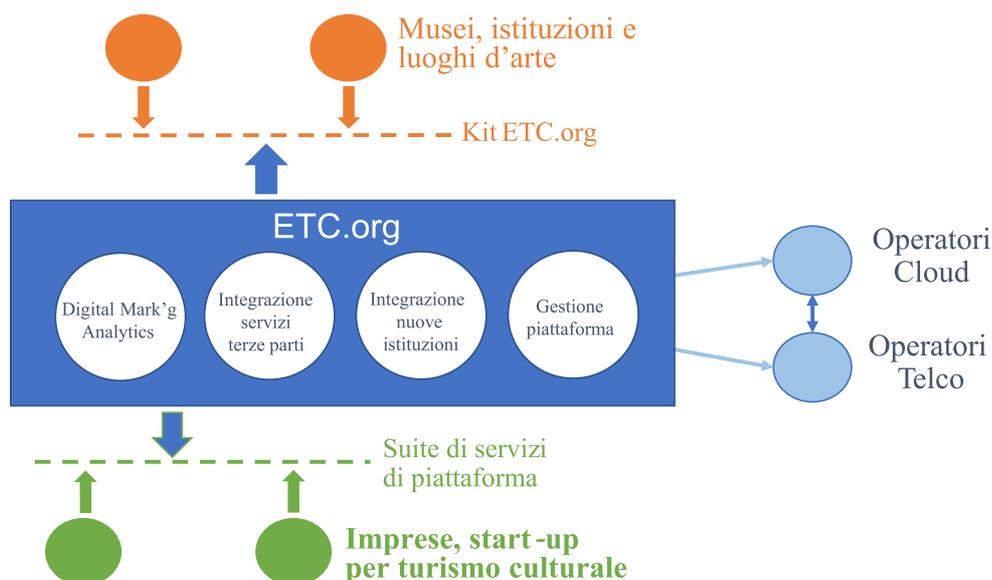
sviluppo di servizi verticali sulla piattaforma, mentre uno o più enti pubblici abbiano in carico lo sviluppo di piattaforma. La stessa separazione di ruoli fra pubblico e privato si intende continuare anche per tutto il resto del ciclo di vita dell'ecosistema ETC;

3. *Esercizio e sviluppo evolutivo* - fase durante la quale il sistema viene mantenuto e fatto crescere sia in termini di nuovi servizi a sostegno della visita sia nel numero delle istituzioni culturali che rendono accessibili le proprie risorse culturali attraverso la piattaforma.

Nel seguito ci focalizziamo su caratteristiche, ruolo e obiettivi strategici dell'ente responsabile dello sviluppo di piattaforma che nel seguito verrà genericamente indicata come ETC.org ad indicare una organizzazione la cui forma giuridica e struttura deve essere ancora stabilita, ma che si potrebbe ipotizzare essere di diritto pubblico e senza scopo di lucro. Le organizzazioni che erogano servizi verticali, al contrario, si offriranno al mercato in base al modello di business che ciascuna vorrà adottare.

### 14.3 Obiettivi strategici di ETC.org

La piattaforma digitale per Turismo 4.0 che emerge da questo Libro Bianco rappresenta un punto di radicale discontinuità rispetto al modello seguito sinora, secondo il quale ogni istituzione culturale (musei, siti, città d'arte o istituzioni ecclesiastiche) autonomamente persegue la propria innovazione digitale generando, di conseguenza, elevata frammentazione e disomogeneità dell'offerta e crescita lineare dei costi. Naturalmente, il cambio di paradigma



**Figura 14.2:** Organizzazione dell'Ecosistema per il Turismo Culturale

richiesto potrà diffondersi sul territorio solo con gradualità e garantendo alle singole istituzioni culturali un costante sostegno sia riguardo i passi tecnici da compiere sia chiarendo i reali benefici che un approccio integrato, aperto e collaborativo produce. Ne conseguono i seguenti obiettivi strategici di ETC.org :

- *Gestione nel tempo della piattaforma tecnologica* progettata e sviluppata a livello prototipale. Ciò comporta ingegnerizzazione della piattaforma, manutenzione ordinaria e evolutiva soddisfacendo i requisiti di scalabilità ed efficienza;
- *Diffusione e comunicazione sul territorio* della piattaforma presso istituzioni, enti pubblici, municipalità per garantire continua crescita della migrazione in piattaforma;
- *Favorire lo sviluppo di un'economia di piccole imprese digitali*, pubbliche e private, che erogano servizi culturali al turista/cittadino sulla base dei servizi di piattaforma;
- *Fornire il supporto tecnico alle istituzioni* che migrano i propri dati e risorse culturali in piattaforma.

Dal punto di vista più strettamente operativo, l'organizzazione di ETC.org è funzionale a garantire l'operatività necessaria a soddisfare gli obiettivi strategici sopra riportati. In particolare, l'organizzazione potrà prevedere 4 ambiti operativi principali, (vedi Figura 14.2):

- *Gestione piattaforma* - si occupa della gestione della piattaforma, sviluppo nuove funzionalità, manutenzione ordinaria ed evolutiva, orchestrazione risorse e gestione servizi attraverso fornitori di servizi cloud e telco (per garantire scalabilità ed efficienza);

- *Integrazione nuove istituzioni* - svolge le funzioni di comunicazione e diffusione di ETC presso istituzioni culturali per ampliare il numero di risorse culturali accessibili tramite la piattaforma, gestione del Kit ETC di adesione nuovo ente, gestione dei test di certificazione e gestione evolutiva della presenza di ogni ente;
- *Integrazione servizi terze parti* - gestisce la produzione e il mantenimento della suite di servizi ETC accessibili ad ogni ente terzo che voglia erogare servizi culturali al cittadino utilizzando la piattaforma;
- *Digital marketing and analytics* - svolge attività di digital marketing e data analytics per conto di aziende pubbliche e private elaborando i dati di piattaforma sulle abitudini e i consumi culturali dei visitatori.

## Conclusioni

Questo Libro Bianco rappresenta il contributo della comunità scientifica afferente al Laboratorio Nazionale per le Smart Cities and Communities del CINI, il Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica, allo sviluppo di un Turismo 4.0 per il nostro paese Italia. Il contenuto del Libro si pone a valle del Piano Strategico Nazionale per il Turismo, PST, ed ha lo scopo di raccogliere le idee, concetti e auspici espressi in esso per tradurli in una strategia progettuale, avendo come riferimento una soluzione integrata e unificante in cui le innovazioni digitali giocano il ruolo dominante. Proprio questa centralità tecnologica suggerisce un percorso fattibile e concreto per mettere a valore la ricchezza culturale e paesaggistica dell'Italia inserendola in una cornice di tipo 4.0. Il libro delinea metodi e strumenti tecnologici atti a colmare il divario tra la visione offerta dal PST e la sua messa in opera; lo fa aggregando la comunità scientifica nazionale che ha maturato importanti esperienze nella applicazione delle tecnologie digitali alla valorizzazione del patrimonio culturale del paese.

Il Libro Bianco prende avvio da un'analisi approfondita del Piano Strategico Nazionale e dall'attuale panorama degli attori in gioco a livello mondiale per proporre l'urgenza di avviare al più presto una reale azione di implementazione operativa del Piano. Il punto chiave è la comprensione della necessità di un ecosistema integrato verso il quale tutti gli interessati al settore convergano superando soluzioni locali, isolate e parziali. A questo scopo, il Libro fissa chiaramente obiettivi e architettura di riferimento per passare poi, capitolo per capitolo, a proporre le più avanzate soluzioni tecnologiche ad ognuno delle problematiche attualmente esistenti nel settore.

Ci auguriamo che il Libro rappresenti un punto di partenza e incontro per tutti gli attori, sia privati che pubblici ma anche singoli cittadini, che vogliano contribuire, supportare, partecipare o semplicemente usufruire di un paese che ha realizzato la visione di un Turismo 4.0.



# **Autori**

*Deborah Agostino*

Osservatorio Innovazione Digitale nel Turismo, Politecnico di Milano, Milano, Italia.

*Claudio Ardagna*

Dipartimento di Informatica “Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di Milano, Milano, Italia.

*Carmelo Ardito*

Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell’Informazione, Politecnico di Bari, Bari, Italia.

*Michela Arnaboldi*

Osservatorio Innovazione Digitale nel Turismo, Politecnico di Milano, Milano, Italia.

*Valerio Bellandi*

Dipartimento di Informatica “Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di Milano, Milano, Italia.

*Nicola Bellini*

Scuola Superiore Sant’Anna, Pisa, Italia.

*Paolo Buono*

Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”, Bari, Italia.

*Paolo Ceravolo*

Dipartimento di Informatica “Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di Milano, Milano, Italia.

*Fabio Clarizia*

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Salerno, Salerno, Italia.

*Francesco Colace*

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Salerno,  
Salerno, Italia.

*Maria Francesca Costabile*

Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”, Bari,  
Italia.

*Paola Dal Zovo*

Santer Reply S.p.A., Italia.

*Ernesto Damiani*

Dipartimento di Informatica “Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di  
Milano, Milano, Italia.

*Massimo De Santo*

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Salerno,  
Salerno, Italia.

*Giuseppe Desolda*

Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”, Bari,  
Italia.

*Giuseppe Di Santo*

Centro Regionale Information and Communication Technology, Benevento,  
Italia

*Rosa Lanzilotti*

Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”, Bari,  
Italia.

*Giovanni Livraga*

Dipartimento di Informatica “Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di  
Milano, Milano, Italia.

*Marco Lombardi*

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Salerno,  
Salerno, Italia.

*Eleonora Lorenzini*

Osservatorio Innovazione Digitale nel Turismo, Politecnico di Milano, Milano,  
Italia.

*Sabrina Gaito*

Dipartimento di Informatica “Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di  
Milano, Milano, Italia.

*Henry Muccini*

Dipartimento di Ingegneria e Scienze dell’Informazione e Matematica,  
Università degli Studi dell’Aquila, L’Aquila, Italia.

*Francesco Pascale*

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Salerno,  
Salerno, Italia.

*Antonio Piccinno*

Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”, Bari,  
Italia.

*Christian Quadri*

Dipartimento di Informatica “Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di  
Milano, Milano, Italia.

*Pierangela Samarati*

Dipartimento di Informatica “Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di  
Milano, Milano, Italia.

*Domenico Santaniello*

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Salerno,  
Salerno, Italia.

*Roberto Scopigno*

Istituto di Scienza e Tecnologie dell’Informazione “A. Faedo”, Consiglio  
Nazionale delle Ricerche, Pisa, Italia

*Gian Paolo Rossi*

Dipartimento di Informatica “Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di  
Milano, Milano, Italia.

*Matteo Zignani*

Dipartimento di Informatica “Giovanni Degli Antoni”, Università degli Studi di  
Milano, Milano, Italia.

*Eugenio Zimeo*

Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi del Sannio, Benevento, Italia.

## Turismo 4.0: la nuova frontiera del turismo culturale

Strategie Digitali per Valorizzare il Patrimonio Culturale e Artistico del Paese

Il settore del turismo culturale e quello della valorizzazione del patrimonio culturale sono entrati in una fase di profonda trasformazione per effetto del potenziale di innovazione prodotto dalle più recenti tecnologie digitali. Allo scopo di governare questo processo di innovazione il Paese deve avere chiari obiettivi strategici che non possono prescindere dall'innovazione digitale. Con ottimo tempismo, nel 2017 il Ministero per i Beni e le Attività Culturali e per il Turismo, MiBACT, pubblica il Piano Strategico Nazionale per il Turismo, PST, che offre una visione strategica unificante per il turismo e per la valorizzazione del patrimonio culturale, e presuppone l'adeguato impiego delle tecnologie digitali. Oggi, serve dare continuità progettuale al Piano senza disperderne il valore unificante e convergere su una progettazione integrata, aperta e flessibile in grado di porre al centro l'esperienza del turista e, al contempo, di dare valore al territorio favorendo adeguati ritorni economici anche attraverso lo sviluppo di una nuova economia legata al digitale.

Questo Libro Bianco nasce con l'obiettivo di porsi in continuità progettuale con il PST. Fornisce un quadro unificante degli obiettivi progettuali, identifica le tecnologie abilitanti e fornisce un modello organizzativo che può costituire lo spazio entro il quale muoversi per la realizzazione di un nuovo ecosistema di dati e servizi; uno spazio integrato e aperto dove pubblico e privato collaborano per raggiungere un unico fine condiviso.

Laboratorio Nazionale Smart Cities and Communities

CINI - Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica

[www.consortio-cini.it](http://www.consortio-cini.it)

ISBN: 9788894137354

