



## **PhD Program in Information Engineering - DR11**

University of Brescia

Department of Information Engineering

### **Alessandro Galeazzi**

The advent of online platforms dramatically changed the way people create and communicate content. In online social media, users can easily share information that thousands of peers may consume almost immediately. Moreover, the unique features offered by online social platforms also allow immediate feedback and interactions, creating the perfect environment for the proliferation of an intense debate around controversial topics. Nevertheless, this new and disintermediated type of communication and platforms' feed algorithms may influence the dynamics of online discussion, creating a fertile environment for the formation of clusters of users reinforcing their opinion through repeated interactions called echo chambers. In this thesis, we study the debate around controversial topics in online social media, such as political elections and disease outbreaks, and analyze the factors influencing its dynamics. We also assess the impact of unsubstantiated rumors and measure the shift in polarization around political elections. Finally, we compare the effect of echo chambers around several topics and across different social media and quantify the online infodemic concurrent with the recent pandemic. In our studies, we find evidence that users tend to cluster together into groups with opposite opinions around debated topics and consume information adhering to their system of beliefs. This characteristic appears to dominate the information consumption dynamics in online social media, influencing the spread of both confirmed news and unsubstantiated rumors.



## PhD Program in Information Engineering - DRII

University of Brescia

Department of Information Engineering

### Marco Lombardi

ENG

The type of digital content that we use every day is evolving and seeing domain extensions in which the three-dimensional component becomes increasingly important, both at the consumer level and in the industrial and professional fields. Within this technological evolution there is therefore the need to have tools for the transition from the real to the digital world that are increasingly effective and immediate. Furthermore, the continuous increase in computational capabilities favors new solutions that are increasingly sophisticated and performing, at the same time increasingly accessible also from an economic point of view. In this context, devices capable of providing flexibility and accuracy in the 3D reconstruction process can spread on different types of market, while keeping the requests for hardware specifications moderate.

Over the years, academic research has produced a number of excellent results based on the use of what are commonly referred to as low-cost optical 3D scanners, born in the context of gaming platforms. These devices are characterized by compact dimensions, depth chambers with relatively low resolution and relatively large working range. Due to these characteristics, these tools are widely used in situations of use for indoor reconstructions or for object and gesture detection applications, where the level of detail of the 3D reconstruction is not necessarily a priority.

An evolution of these technologies is represented by the hand-held portable 3D scanners, based on optical reconstruction, capable of producing higher quality data than their low-cost counterparts, while remaining in price ranges affordable at a professional level. In this context it is very interesting to have real-time 3D reconstruction techniques that support and are able to guide the user's action through immediate visual feedback.

The possibility of creating complex models for carrying out complex activities is fascinating and opens the doors to different and new application scenarios. Concurrently to an evolutionary trend in terms of hardware, the interest in 3D reconstruction issues is finding new solutions in the rapidly growing research area linked to \textit{deep learning} techniques. It is therefore of current interest to re-evaluate classical problems in the field of 3D reconstruction from new points of view, based on data and on learning approaches guided by these.

The importance of data is therefore crucial, other than in an experimental evaluation context, for the need to provide examples and information to the models we want to design and develop. However, we found some shortcomings related to the type of data used in academic research where there is a prevalent attention linked to data coming from low-cost devices compared to a wider panorama offered by modern scanning technologies. It is therefore a question of understanding if and how the different characteristics of the data and the different requirements on the quality and timing of the scan relate to the type of data generated and to the choice or design of the best reconstruction solutions.

During my PhD, I was able to work with a pre-commercial prototype of a hand-held 3D scanner, called Insight, developed with the aim of providing reconstructions with a higher level of accuracy than its low-cost counterparts, to be used in application contexts where the target is a single small-medium scale object of which a faithful digital representation is desired. Examples of these contexts are quality control, reverse engineering, digitization for entertainment purposes (cinema and video games), commercial contexts (for example catalogs for online shops), cultural heritage (preservation of statues and historical objects) and also biomedical (e.g. anatomic scanning for the design of prostheses and orthoses).

In this thesis we therefore focus on innovative 3D reconstruction techniques, mainly related to the aforementioned type of data, trying to analyze and respond to the challenging requirements related to tools such as those in use during our work, especially the real-time reconstruction requirement, comparing ourselves with other solutions available in the literature. In particular, we first took care to collect and make available a new dataset, DenseMatch, and to analyze and compare in depth, and for the first time together, several very recent solutions based on deep learning, potentially exploitable and usable in the contexts of interest. This comparison takes place using both a classic dataset and ours, to have a comparison that establishes which methods best generalize on different domains and which ones are the most promising for our context.

Finally, we leverage all the results obtained to develop a real-time 3D reconstruction pipeline suitable for our handheld scanner that improves and makes the native reconstruction solution of the Insight scanner more reliable and robust. Our solution clearly outperforms the reference method in the literature, i.e. BundleFusion, especially for the type of data and for the applications of interest. We will see how optimal results are obtained by combining the best of classic approaches based on geometric features with those that exploit modern data-driven learning models.

ITA

La tipologia di contenuti digitali che fruiamo ogni giorno sta evolvendo e vedendo estensioni di dominio nelle quali diventa sempre pi\u00f9 importante la componente tridimensionale, sia a livello consumer che in ambito industriale e professionale. All'interno di questa evoluzione tecnologica si riscontra quindi l'esigenza di disporre di strumenti per la transizione dal mondo reale a quello digitale che siano sempre pi\u00f9 efficaci ed immediati. Inoltre, il continuo incremento delle capacit\u00e0 computazionali favorisce nuove soluzioni via via sempre pi\u00f9 sofisticate e performanti, al contempo sempre pi\u00f9 accessibili anche dal punto di vista economico. In questo contesto possono diffondersi (su diverse tipologie di mercato) dispositivi in grado di fornire flessibilit\u00e0 e accuratezza nel processo di ricostruzione 3D, mantenendo contenute le richieste di specifiche hardware

Negli anni, la ricerca accademica ha prodotto una serie di risultati eccellenti basandosi sull'uso di quelli che comunemente vengono definiti scanner 3D ottici a basso costo, nati nel contesto delle piattaforme di gaming. Questi dispositivi sono caratterizzati da dimensioni compatte, camere di profondit\u00e0 con risoluzione relativamente bassa e campo di lavoro relativamente ampio. Per via di queste caratteristiche, questi strumenti trovano largo impiego in situazioni di utilizzo per ricostruzioni indoor o per applicazioni di rilevamento di oggetti, o di gestualit\u00e0 dove il livello di dettaglio della ricostruzione 3D non \u00e8 necessariamente prioritario.

Un'evoluzione di queste tecnologie \e rappresentata dagli scanner 3D portatili manovrabili a mano libera, basati su ricostruzione ottica, in grado di produrre dati a qualit\`a pi\`u elevata rispetto alle controparti a basso costo, pur rimanendo in fasce di prezzo accessibili a livello professionale. In questo contesto \e molto interessante disporre di tecniche di ricostruzione 3D real-time che assecondino e siano in grado di guidare l'azione dell'utente mediante feedback visivi immediati.

La possibilit\`a di creare modelli complessi deputati allo svolgimento di attivit\`a a loro volta complesse \e affascinante e apre le porte a diversi e nuovi scenari applicativi. Contestualmente ad un trend evolutivo in termini di hardware, l'interesse per le tematiche di ricostruzione 3D sta trovando nuove soluzioni nel settore di ricerca in forte ascesa legato alle tecniche di `deep learning`. \E quindi di attuale interesse rivalutare problemi classici nell'ambito della ricostruzione 3D da nuovi punti di vista, basati sui dati e su approcci di apprendimento guidati da questi.

L'importanza dei dati \e quindi cruciale, oltre che in un contesto di valutazione sperimentale, per la necessit\`a di fornire esempi e informazioni ai modelli che si vogliono progettare. Tuttavia, abbiamo rilevato alcune carenze legate alla tipologia dei dati impiegati nella ricerca accademica dove vi \e un'attenzione prevalente legata ai dati provenienti da dispositivi a basso costo rispetto ad un pi\`u esteso panorama offerto dalle moderne tecnologie di scansione. Si tratta dunque di capire se e come le diverse caratteristiche dei dati e i diversi requisiti sulla qualit\`a e sulle tempistiche di scansione si relazionino alla tipologia di dato generato ed alla scelta o al design delle migliori soluzioni di ricostruzione.

Durante il percorso di dottorato, ho avuto modo di lavorare con un prototipo pre-commerciale di scanner 3D portatile manovrabile, denominato Insight, sviluppato con l'obiettivo di fornire ricostruzioni con un maggiore livello di accuratezza rispetto alle controparti a basso costo, per essere utilizzato in contesti applicativi in cui il target \e un singolo oggetto di scala medio-piccola di cui si vuole una fedele rappresentazione digitale. Esempi di questi contesti sono il controllo di qualit\`a, il reverse engineering, la digitalizzazione per fini ludici (cinema e videogiochi), contesti commerciali (ad esempio cataloghi per lo shop online), culturali (preservazione di statue e oggetti storici) ed anche medicali (creazione di protesi ed ortesi).

In questa tesi ci concentriamo quindi su tecniche di ricostruzione 3D innovative, legate principalmente alla suddetta tipologia di dati, cercando di analizzare e di rispondere ai requisiti sfidanti legati a strumenti come quelli in uso durante il nostro lavoro, specialmente il requisito di ricostruzione real-time, confrontandoci con altre soluzioni disponibili in letteratura. In particolare, ci siamo preoccupati dapprima di collezionare e di rendere disponibile un nuovo dataset, DenseMatch, e di analizzare e confrontare approfonditamente, e per la prima volta, le recentissime soluzioni basate su deep learning, potenzialmente sfruttabili e fruibili nei contesti di interesse. Tale confronto avviene sfruttando sia un dataset classico che il nostro, per avere una comparazione che stabilisca quali metodi meglio generalizzano su diversi domini e quali sono i pi\`u promettenti per il nostro contesto.

Facciamo infine leva su tutti i risultati ottenuti per sviluppare un flusso di ricostruzione real-time adeguato allo scanner portatile che renda pi\`u affidabile e robusta la soluzione di ricostruzione nativa dello scanner Insight. Il nostro approccio supera nettamente la soluzione di riferimento in letteratura, denominata BundleFusion, soprattutto per la tipologia di dati e per le applicazioni di interesse. Vedremo come i migliori risultati si ottengano unendo il meglio degli approcci classici basati su feature geometriche con quelli che sfruttano i moderni modelli di apprendimento guidati dai dati.