



**University of Salerno**

Department of Computer Science

Dottorato di Ricerca in Informatica  
XXXIV Ciclo

TESI DI DOTTORATO / PH.D. THESIS

**Multi-biometric systems integrating  
fixed cameras, mobile devices,  
and drones**

**Luigi DE MAIO**

SUPERVISOR:

**Prof. Michele NAPPI**

PHD PROGRAM DIRECTOR:

**Prof. Andrea DE LUCIA**

A.A 2020/2021

## ABSTRACT

---

To identify a person by means of fully automatic systems is still an open problem and a matter of social concern. Many of the approaches coping with this problem are based on the combination of biometrics and computer vision techniques. In particular, biometrics was born in the wake of the wider field of pattern recognition, as that discipline analyses the characteristics of specific individuals with the aim to link their identity to what they are, rather than to what they know or possess. Although much progress has been made in this area, there are still many open problems, which limit its application in daily life at a very large scale. As with many problems in the field of pattern recognition, also for biometrics, the availability of annotated and structured data necessary for designing and validating systems represents a crucial aspect. This theme becomes even more central when systems under consideration show a complex architecture and involve advanced technology such as drones. An in-depth study of the state of the art in this direction has allowed us to identify the most interesting datasets that are currently available. The first goal of this work was to design, acquire, and annotate a large collection of data from different fixed and mobile devices. Data were collected by means of mobile devices such as commercial drones and smartphones, in combination with fixed cameras usually adopted in controlled environments. This type of architecture allows for greater versatility in capturing subjects such as shooting from multiple angles, extreme framing, and using different devices at the same time. Moreover, the characteristics and potential use of this new dataset are drawn. Secondly, we proceeded to design and develop biometric solutions that could demonstrate new integrated approaches of people face trait acquisition. In more details to demonstrate the applicability of drones in a real environment, an acquisition system via a monocular camera installed on-board of a drone has been proposed. This system shows the peculiarity that the drone moves autonomously without a pilot around a cooperative subject (autonomous unmanned drone). The fusion of data acquired by the camera from various perspectives allows us to obtain high-quality aggregate data, useful to be compared with other data obtained from acquisitions made with other devices and protocols. At the end of the acquisition, a 3D face model is obtained by a completely automatic data processing pipeline. A further example of the effectiveness of drones in the biometric field is provided. It is explained the architecture and the results that can be obtained by a drone in building a 3D face model showing a quality comparable to that obtained with a smartphone. Current trends, implications, solutions, and main shortcomings of biometric data protection are discussed. Additionally, a sample study conducted on the combined use of biometrics and cryptography to secure biometric entities is explained and demonstrated. The potential use of these results is addressed, and discusses new advanced methods and applications of biometrics in virtual environments. Finally, the potential uses of these results are addressed, and new advanced methods and applications of biometrics in virtual environments are discussed. Conclusions are dealt with and summarized in the main contributions of the work and provides an insight on future trends in the use of drones in the field of biometrics and in the new era.

## ABSTRACT IN ITALIANO

---

L'identificazione di una persona mediante sistemi completamente automatici rappresenta ancora un problema aperto ed questione di interesse sociale. Molti degli approcci per affrontare questo problema si basano sulla combinazione di biometria e tecniche di visione artificiale. In particolare, la Biometria nasce sulla scia dell'ampio campo del riconoscimento di pattern, ed una disciplina che analizza le caratteristiche di un individuo con l'obiettivo di legare la sua identità a ciò che è, piuttosto che a ciò che conosce o possiede. Sebbene siano stati fatti, molti progressi in questo settore, ci sono ancora molti problemi da risolvere, che limitano le sue applicazioni nella vita quotidiana su più ampia scala. Come per molti problemi nel campo del riconoscimento di pattern, x

anche per la biometria, la disponibilità di dati annotati e strutturati necessari per progettare e validare i sistemi rappresenta un aspetto cruciale. Questo tema diventa ancora più centrale quando i sistemi in esame mostrano un'architettura complessa e coinvolgono tecnologie avanzate come i droni. Uno studio approfondito dello stato dell'arte in questa direzione ha permesso di individuare i dataset più interessanti attualmente disponibili. Il primo obiettivo di questo lavoro è stato progettare, acquisire e annotare un ampio corpo di dati provenienti da diversi dispositivi fissi e mobili. I dati sono stati raccolti tramite dispositivi mobili come droni commerciali e smartphone, in combinazione con telecamere fisse solitamente adottate in ambienti controllati. Questo tipo di architettura consente una maggiore versatilità nell'acquisizione di soggetti come riprese da più angolazioni, inquadrature estreme e utilizzo simultaneo di dispositivi diversi. Inoltre, vengono tracciate le caratteristiche e il potenziale utilizzo di questo nuovo set di dati. In secondo luogo, abbiamo proceduto alla progettazione e allo sviluppo di soluzioni biometriche in grado di dimostrare nuovi approcci integrati per l'acquisizione dei tratti del volto delle persone. Più in dettaglio per dimostrare l'applicabilità dei droni in un ambiente reale, è stato proposto un sistema di acquisizione tramite una telecamera monoculare installata a bordo di un drone. Questo sistema mostra la particolarità che il drone si muove autonomamente senza pilota attorno a un soggetto cooperativo. La fusione dei dati acquisiti dalla telecamera da diverse prospettive permette di ottenere dati aggregati di alta qualità, utili per essere confrontati con altri dati ottenuti da acquisizioni effettuate con altri dispositivi e protocolli. Al termine dell'acquisizione, si ottiene un modello di volto 3D tramite un processo di elaborazione dati completamente automatico. Viene fornito un ulteriore esempio dell'efficacia dei droni in campo biometrico. Viene spiegata l'architettura e i risultati che si possono ottenere da un drone nella costruzione di un modello di volto 3D che mostri una qualità paragonabile a quella ottenuta con uno smartphone. Vengono discusse le tendenze attuali, le implicazioni, le soluzioni e le principali carenze della protezione dei dati biometrici. Inoltre, viene spiegato e dimostrato un esempio di studio condotto sull'uso combinato della biometria e della crittografia per proteggere le entità biometriche. Viene esaminato il potenziale utilizzo di questi risultati e vengono discussi nuovi metodi avanzati e applicazioni della biometria in ambienti virtuali. Le conclusioni sono trattate e riassunte nei principali contributi del lavoro e forniscono uno spaccato sulle tendenze future nell'uso dei droni nel campo della biometria e nella nuova era.