



HABILITATION THESIS

in Computer Science, Information Technology and System
Engineering

Title:

Computer Vision for Visually Impaired People

presented by

Anca-Andreea MORAR

September 2022, Bucharest, Romania

Summary

Accessibility has become a keyword in recent years. It covers many aspects, such as providing a job suitable to the needs of a visually impaired person, modifying public space to enable mobility for people using wheelchairs or adapting cars for drivers with different motor disabilities. However, there are still barriers to ensuring full accessibility for blind people under all conditions. Assistive systems for the visually impaired people aim to provide a degree of independence, either in known environments that have been previously configured with various tags or sensors of for which virtual reconstructions have been obtained, or in unknown environments. The main subject of this thesis is the use of computer vision in the development of such assistive systems.

This habilitation thesis presents my scientific, professional, and academic achievements, within the Graphics and Virtual Reality group of the Department of Computers, Faculty of Automatic Control and Computers, University POLITEHNICA of Bucharest, between 2012 and 2022, after obtaining the PhD title. During this time, I have been part of several research projects (e.g., Sound of Vision, HAI-OPS, Prevent, SmartCare, TRAVEE, PhoVR) or cooperation projects with other universities (e.g., Erasmus or EEA collaborations). I have also coordinated a series of research projects as director or responsible. The first project coordinated by me was 3Diafano, whose goal was the development of non-invasive methods for the reconstruction and visualization of internal and external structures of the human body. I also coordinated a small cooperation project (a collaboration between our university and University of Iceland), the objective of which was to identify new research directions. Another project I coordinated in 2017-2018 was i-Bracelet, an Eurostars project aimed to develop a device for the early detection of hypertensive disorders in pregnancy. A recent project I coordinated, in 2019-2020, was CultReal, which developed a rapid platform for creating Augmented Reality applications in cultural spaces. The last project that I won as director, is VIP SpaceNav, a TE (Young Teams) project, whose goal is to develop a platform for rapid and low-cost configuration of indoor spaces and safe navigation of blind people. In total I coordinated 3 national research projects and 2 international ones. I also worked as a researcher in 9 other national projects and 10 international ones. I received funding for two EEA mobility and cooperation grants. In addition, I have been a member of research teams of companies such as Info World and iPrint 3D Design & Consulting.

Regarding my publication activity, in total I have written, in collaboration with other researchers, 19 articles that have been published in ISI journals, 27 papers that have been presented at ISI conferences and 13 BDI articles or conference proceedings. I was also the first or second author for 6 out of the 7 articles that were published in Q1/Q2 journals. I have authored or co-authored 2 chapters in international books, 4 national books and a student textbook. I also received the title of inventor from the OSIM patent office for a method that performs real-time image segmentation based on a ray tracing pixel sampling strategy.

In 2009 I started my academic career, working as a teaching assistant, as a lecturer and next, as an associate professor, teaching courses and laboratories in various subjects of Graphics, Image Processing, Software Engineering and Logic Design. I also coordinated Bachelor and Master theses in these fields.

This thesis presents my contributions regarding the analysis and visualization of medical images, the development of processing pipelines for filtering, segmentation, and extraction of elements of interest from the environment, and the use of Augmented Reality and localization algorithms to enhance cultural experiences. These results have enabled me to accumulate experience in the field of Computer Vision and to identify new research directions for the development of assistive systems dedicated to blind people, for navigation and environment perception.

For the near future I have identified several research perspectives in the field of assistive systems for visually impaired people. I presented ideas for rapid configuration of spaces to obtain a 3D model of the environment and to define elements that can help blind users to orient themselves. Another idea is closely related to the first, referring to the navigation of such environments, which have been previously configured, using devices with limited computing capabilities. Going one step further, I identified challenges and possible solutions for using mobile devices and miniaturized video cameras in the development of systems for navigation and perception of unknown environments.

In my opinion, the field of assistive systems for visually impaired people is very important, because, in addition to the research benefits that can arise from the development of innovative video frames processing methods, first and foremost there are results that can improve the lifestyle of blind people. I want to continue working in this field and pave the way for new projects and collaborations, striving to contribute to the development of the society.

Rezumat

Accesibilitatea a devenit un cuvânt cheie în ultimii ani. Ea acoperă multe aspecte, precum asigurarea unui loc de muncă potrivit nevoilor unei persoane cu deficiențe de vedere, modificarea spațiului public pentru a permite mobilitatea persoanelor care folosesc scaune cu rotile sau adaptarea autoturismelor pentru șoferi cu diferite handicapuri motorii. Totuși, încă există bariere în asigurarea accesibilității totale pentru persoanele nevăzătoare în orice condiții. Sistemele asistive pentru nevăzători au drept scop asigurarea unui grad de independență pentru utilizatori, fie în medii cunoscute, care au fost anterior configurate cu diferite tag-uri sau senzori sau pentru care s-au obținut reconstrucții virtuale, fie în medii necunoscute. Principalul subiect al acestei teze este utilizarea prelucrării imaginilor în dezvoltarea unor astfel de sisteme asistive.

Teza de abilitare prezintă realizările mele științifice, profesionale și academice, în cadrul grupului de Grafică și Realitate Virtuală din Departamentul de Calculatoare, Facultatea de Automatică și Calculatoare, Universitatea POLITEHNICA din București, între anii 2012 și 2022, după finalizarea doctoratului. În acest timp am făcut parte din mai multe proiecte de cercetare (de exemplu, Sound of Vision, HAI-OPS, Prevent, SmartCare, TRAVEE, PhoVR) sau de cooperare cu alte universități (de exemplu, colaborări Erasmus sau SEE). De asemenea, am coordonat o serie de proiecte de cercetare ca director sau responsabil. Primul proiect coordonat de mine a fost 3Diafano, al cărui scop a fost dezvoltarea unor metode neinvazive de reconstrucție și vizualizare a structurilor interne și externe ale corpului uman. Am coordonat de asemenea un mic proiect de cooperare cu Universitatea din Islanda, al cărui obiectiv a fost identificarea unor direcții noi de cercetare. Un alt proiect coordonat de mine în perioada 2017-2018 a fost i-Bracelet, un proiect Eurostars al cărui scop a fost dezvoltarea unui dispozitiv pentru detecția timpurie a tulburărilor hipertensive din sarcină. Un proiect recent coordonat de mine în perioada 2019-2020 a fost CultReal, în cadrul căruia s-a dezvoltat o platformă rapidă pentru crearea aplicațiilor de Realitate Augmentată în spații culturale. Ultimul proiect pe care l-am câștigat de curând ca director este VIP SpaceNav, un proiect TE (Tinere Echipe), al cărui obiectiv este dezvoltarea unei platforme pentru configurarea rapidă și ieftină a spațiilor interioare și pentru navigarea sigură a persoanelor nevăzătoare. În total am coordonat 3 proiecte de cercetare naționale și 2 proiecte internaționale. De asemenea, am lucrat în echipa de cercetare în alte 9 proiecte naționale și 10 proiecte internaționale. Am primit finanțare pentru două granturi de mobilități și cooperare SEE. În plus, am făcut parte și din echipele de cercetare ale unor companii, precum Info World și iPrint 3D Design & Consulting.

În ce privește activitatea de publicare, în total am realizat, în colaborare cu alți cercetători, 19 articole care au fost publicate în jurnale ISI, 27 lucrări care au fost prezentate la conferințe ISI și 13 articole BDI. Am fost de asemenea primul sau al doilea autor pentru 6 din cele 7 articole care au fost publicate în jurnale Q1/Q2. Am fost autor sau co-autor pentru 2 capitole în cărți internaționale, 4 cărți naționale și un îndrumar de laborator. De asemenea, am primit titlul de inventator de la oficiul OSIM pentru un sistem și o metodă care realizează segmentarea imaginilor în timp real, pe baza unei strategii de parcurgere a pixelilor prin trasarea de raze.

În 2009 am început cariera academică, lucrând ca asistent, lector și apoi conferențiar, ținând cursuri și laboratoare la diferite materii de Grafică, Prelucrarea Imaginilor, Ingineria Programării și Proiectare Logică. De asemenea, am coordonat lucrări de Licență și Master în aceste domenii.

În această lucrare sunt prezentate contribuțiile mele în ce privește analiza și vizualizarea imaginilor medicale, dezvoltarea unor fluxuri de procesare pentru filtrarea, segmentarea și extragerea elementelor de interes din mediu și utilizarea Realității Augmentate și a algoritmilor de localizare pentru îmbunătățirea experiențelor culturale. Aceste rezultate m-au ajutat să acumulez experiență în domeniul Viziunii Computerizate și să identific noi direcții de cercetare în dezvoltarea sistemelor de navigare și percepție a mediului înconjurător, dedicate persoanelor nevăzătoare.

Pentru viitorul apropiat am identificat o serie de direcții de cercetare în domeniul sistemelor asistive pentru nevăzători. Am prezentat idei pentru configurarea rapidă a spațiilor, în vederea obținerii unui model 3D al mediului înconjurător și pentru definirea elementelor care îi pot ajuta pe utilizatorii nevăzători să se orienteze. O altă idee este strâns legată de prima, referindu-se la navigarea în astfel de medii, anterior configurate, utilizând dispozitive cu putere de procesare limitată. Mergând un pas mai departe, am identificat provocări și posibile soluții pentru utilizarea dispozitivelor mobile și a camerelor miniaturale în dezvoltarea unor sisteme de navigație și percepție în medii necunoscute.

În opinia mea, domeniul sistemelor asistive pentru nevăzători este foarte important, deoarece, pe lângă beneficiile în cercetare care pot apărea prin dezvoltarea unor metode inovative de prelucrare a cadrelor video, există în primul rând rezultate practice care pot îmbunătăți stilul de viață al persoanelor nevăzătoare. Îmi doresc în continuare să lucrez în acest domeniu și să deschid calea pentru noi proiecte și colaborări, dându-mi silința să contribui la dezvoltarea societății.