

## Streszczenie

Celem naukowym prezentowanej rozprawy doktorskiej jest analiza i opracowanie automatycznego mechanizmu detekcji pieszych na obrazach termowizyjnych rejestrowanych w nocy. Badania przedstawione w niniejszej rozprawie koncentrują się na dwóch głównych zagadnieniach: ekstrakcji obszaru zainteresowania w oparciu o progowanie obrazu termowizyjnego oraz odpowiednim dopasowaniu procedury klasyfikacji obiektów. Motywacją autora było osiągnięcie wysokiej wydajności procesu detekcji pieszych przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej dokładności. Głównym zastosowaniem systemu jest detekcja w pojazdach (w systemach czasu rzeczywistego) bez konieczności wykorzystania dedykowanego sprzętu, tj. procesory graficzne.

Została sformułowana następująca teza naukowa pracy: Opracowane podejście do detekcji pieszych w nocy w oparciu o zaproponowany proces ekstrakcji obszaru zainteresowania poprzez progowanie obrazów termowizyjnych oraz odpowiednio dostosowaną procedurę klasyfikacji obiektów poprawia dokładność detekcji i znacząco zwiększa wydajność obliczeniową.

Struktura pracy jest następująca: po wstępie w Rozdziale 2. przedstawiona jest rozszerzona analiza obszaru badawczego (opisana wstępnie w Rozdziale 1.1.) wraz z podsumowaniem i szczegółowym wyjaśnieniem motywacji do podjęcia tej pracy.

Sekcja 2.2. przedstawia wszystkie wykorzystane w eksperymentach publiczne zbiory danych. Następnie w osobnych rozdziałach przedstawiono proponowane usprawnienia procesu detekcji pieszych.

Proponowany algorytm ekstrakcji obszaru zainteresowania został przedstawiony i przetestowany w Rozdziale 3. W następującym Rozdziale 4. przeanalizowano problem niedokładnego dopasowania wyodrębnionego obszaru do zewnętrznych krawędzi pieszego wraz z proponowaną techniką jego powiększania. W rozdziale 5 przedstawiono i opisano proponowaną procedurę dostrajania etapu klasyfikacji obiektów z zaproponowanym przez autora uniwersalnym indeksem wydajności.

W rozdziale 6. przedstawiono eksperymenty z proponowanym algorytmem detekcji pieszych uwzględniającym wprowadzone ulepszenia. Przedstawiono porównanie proponowanego podejścia ze standardowym algorytmem detekcji opartymi na technice przesuwającego okna oraz innymi rozwiązaniami prezentowanymi w literaturze. Rozdziały 3. i 5. zawierają również oddzielne eksperymenty i testy przeprowadzone w celu sprawdzenia skuteczności poszczególnych modyfikacji.

W Rozdziale 7. autor przedstawia badania nad możliwością wykorzystania przez operatorów monitoringu tzw. obrazowania wielospektralnego. Przeprowadzone eksperymenty pokazują, że proponowane rozwiązanie skraca reakcję i wspomaga manualną identyfikację pieszych w nocy.

W ostatnim rozdziale zawarto podsumowanie, które dowodzi że cel naukowy niniejszej rozprawy został zrealizowany, a teza naukowa udowodniona. Proponowane przez autora podejście do detekcji pieszych w nocy osiągnęło bardzo wysoką wydajność obliczeniową przy użyciu samego procesora. Ponadto udało się uzyskać wysoką dokładność detekcji dla testowanych detektorów.

## **Abstract**

The scientific aim of this Ph.D. dissertation is the analysis and development of automated mechanism for highly efficient night-vision pedestrian detection on thermal images. The research presented in this dissertation is focused to two main issues: region of interest (ROI) generation based on thresholding and procedure of tuning object classification stage. The author's motivation was to achieve the state-of-the-art accuracy and real-time performance of pedestrian detection process in order to apply it in vehicles (e.g. those equipped with driver assistance systems or in autonomous vehicles) without using special hardware i.e., general-purpose computing on graphics processing units.

The scientific thesis was formulated as follows: The developed approach of night-vision pedestrian detection based on proposed ROI generation by thresholding of thermal images and by properly tuned object classification procedure improves detection accuracy and significantly increases computational efficiency of the pedestrian detection process.

The structure of this dissertation is as follows: after the introduction, in Chapter 2, the extended analysis of the research area (initially described in Chapter 1.1) is presented along with a summary and detailed explanation of the motivation to undertake this work.

Section 2.2 presents all the public recording datasets and benchmarks used in the experiments. Subsequently, the proposed improvements to the pedestrian detection process are presented in separated chapters.

The proposed ROI generation algorithm is described and tested in Chapter 3. In the next Chapter 4, the problem of inaccurate matching of the edges of ROI to the outer edges of the pedestrians is analysed with the proposed additional ROI area enlarging technique. Chapter 5 describes the proposed procedure of tuning object classification stage with universal performance index.

Chapter 6 presents the experiments on the proposed pedestrian detection algorithm performed to compare the presented solution with the standard approaches based on the sliding window segmentation technique and other solutions in the literature. Chapters 3 and 5 also include separated experiments and tests performed to verify the effectiveness of the proposed modifications.

In the Chapter 7, the author also presents research on the possibility of using so-called multi-spectral vision for scene analysis by monitoring operators. Performed experiments show that this option shortens reactions and supports faster identification of objects (e.g., pedestrians) at night.

The last chapter presents the conclusions, which indicate that the scientific goal of this dissertation has been achieved and the scientific thesis has been proven. The author's approach to night-vision pedestrian detection achieved very high computational efficiency, with up to 130 frames per second using the CPU only. Moreover, it was possible to obtain the state-of-the-art detection accuracy for tested detectors, namely the aggregated channel feature (ACF) and deep convolutional neural network (CNN).