

Streszczenie

W rozprawie przedstawiono nowy sposób rozwiązania problemu kalibracji układu kamer dalekiego zasięgu: wizyjnej i termowizyjnej. Problem ten powstał w trakcie prac badawczo-rozwojowych nad układem fuzji obrazów dla polskiego przemysłu obronnego i dotyczy głowicy optoelektronicznej zestawu przeciwlotniczego Poprad. Rozwiązanie problemu kalibracji z zastosowaniem klasycznych metod z wykorzystaniem wzorca kalibracyjnego okazało się niepraktyczne w warunkach poligonowych. W rozprawie zaproponowano algorytm samokalibracji układu kamer na podstawie automatycznie wyznaczanego dopasowania obrazów z tych kamer.

Wykazano, że kalibrację można podzielić na dwa etapy. Pierwszy etap ma na celu ustalenie parametrów skali obrazu termowizyjnego względem wizyjnego. W etapie drugim ustalana jest zależność wiążąca parametry dopasowania odpowiadających sobie obiektów obrazu wizyjnego i termowizyjnego. Samokalibracja realizowana jest na podstawie automatycznego dopasowania obrazów w sekwencji wideo. Zaproponowane rozwiązanie stanowi nowość w zakresie kalibracji układu kamer wizyjnej i termowizyjnej.

W zakresie automatycznego dopasowania obrazów multimodalnych, w rozprawie zaproponowano nowe podejście do rozwiązania problemu kalibracji obrazów z wykorzystaniem metody korelacji fazowej do wyznaczenia wartości dopasowań dla wielu obiektów jednocześnie widocznych na obrazach z kamery wizyjnej i termowizyjnej. Istotną zaletą zaproponowanej metody jest fakt, że nie wymaga ona przyporządkowania odpowiadających sobie obiektów na obu obrazach.

W celu weryfikacji opracowanej metody dokonano jej implementacji i przetestowano jej działanie na sekwencjach obrazów z głowicy Poprad oraz na ogólnodostępnej bazie obrazów KAIST. W wyniku testów potwierdzono skuteczność metody i przedstawiono warunki jej stosowania w zakresie obserwowanych scen.

Zastosowanie samokalibracji do układu kamer wizyjnej i termowizyjnej dalekiego zasięgu oraz nowe ujęcie metody korelacji fazowej i wykorzystanie wyznaczonego za jej pomocą dopasowania w procesie kalibracji są oryginalnym wkładem autora w dziedzinie przetwarzania obrazów. Testy przeprowadzone dla bazy danych KAIST, gdzie ani układ kamer, ani ich wykorzystanie nie spełniają przyjętych w rozprawie założeń, świadczą o tym, że opracowana metoda samokalibracji może znaleźć zastosowanie nie tylko w przemyśle obronnym, ale też na przykład w procesie kalibracji układu kamer multimodalnych pojazdów autonomicznych.

Słowa kluczowe: *kalibracja układu kamer, samokalibracja, obrazy multimodalne, obrazy wizyjne i termowizyjne, dopasowanie obrazów, korelacja fazowa*

Abstract

Self-calibration of thermal and visible camera rig based on image registration

In this dissertation, the problem of calibration of the long-range thermal and visible camera rig is addressed. This problem arose during the research and development works on the image fusion system for the Polish defence industry. It concerns the optoelectronic head of Poprad anti-aircraft system. The solution to the calibration problem using classical methods using a calibration pattern has proved impractical in field conditions. The dissertation proposed an algorithm for self-calibration of the camera set based on automatically determined image registration.

It has been shown that the calibration can be divided into two stages. The first step is to determine the parameters of the scale of the thermal image relative to the visible image. In the second stage, the dependence constraining the image registration parameters of the corresponding thermal and visible image objects is determined. Self-calibration is carried out based on the automatic image registration in the video sequence. The proposed solution is a novelty in the field of calibration of video and infrared camera systems.

In the field of multimodal image registration, the dissertation proposes new approach to solving the problem of image calibration using a phase correlation method. It was used to determine the registration parameters for many objects simultaneously visible on images from a video and thermal imaging camera. An important advantage of the proposed method is the fact that it does not require assigning corresponding objects on both images.

In order to verify the developed method, it was implemented and tested on the sequences of images from the Poprad head and on the public database of KAIST images. As a result of the tests, the effectiveness of the method was confirmed and the conditions of its application in the scope of observed scenes were presented.

The application of self-calibration to the system of long-range vision and thermovision cameras, as well as the new approach to the phase correlation method are the original contribution of the author in the field of image processing. Tests carried out for the KAIST database, where neither the camera system nor its use meet the assumptions adopted in the dissertation, prove that the self-calibration method can be applied not only in the defence industry, but also in the process of calibration of a multi-modal camera system for autonomous vehicles.

Key words: *camera rig calibration, self-calibration, multimodal images, thermal and visible images, image registration, phase correlation*