

## **Method of panchromatic image modification in the context of improving the results of integrating different satellite imagery**

**Author: Aleksandra Sekrecka, M.Sc. Eng.**

**Supervisor: Michał Kędzierski, Prof. Ph.D.**

**Auxiliary supervisor: Damian Wierzbicki, Ph.D.**

In recent years, there had been a rise in interest in satellite imagery, the spatial resolution of which is within several to several dozens of meters', characterized by the advantage of being very widely available. At the same time, there is a growing need to combine low-resolution multispectral imagery with images acquired by very high resolution satellites (VHRS) to improve their potential in remote sensing analyses and object detection. Classic solutions used to integrate data obtained by different sensors, with a non-standard ratio of spatial resolutions, do not produce good results in terms of spectral and spatial quality.

In this dissertation, which consists of a series of four publications, the quality of the results of integrating non-standard imagery sets was examined, and three innovative solutions were proposed to improve the spectral and spatial quality of the results of such integration. Two solutions focused on improving the spectral quality, where the second method was designed to simultaneously maintain a high spatial quality. However the third solution focused on the improvement of the spatial quality. All solutions were based on the proposed two-stage approach, where the first stage involved the modification of the panchromatic image, and the second stage consisted of the integration itself using a commonly used method.

In each solution, a different methodology for modifying the panchromatic image is proposed. Studies have shown that the new panchromatic image, which is the weighted average of the original image and the intensity of the panchromatic image, can improve the spectral quality of the results of the integration. However, the use of a logarithmic function to modify previously selected pixels leads to an improvement the spatial quality of the results of the integration. In the two methods used to improve the spectral quality, two approaches to calculate weights for the panchromatic image and the multispectral image intensity were proposed. In the first approach, the weights were calculated based on the ratio of spatial information recorded in both images, for which the Principal Component Analysis was used.

In the second approach, weights were determined based on the Euler number and pixel distance to the nearest pixel depicting a spatial detail. Pixels depicting spatial details were selected based on the analysis of differences between the intensity of each pixel of the multispectral image and the corresponding group of pixels of the panchromatic image.

All proposed solutions were verified using qualitative and quantitative methods, based on visual analysis and independent indicators (mean square error - RMSE, correlation coefficient - CC, universal image quality index - UIQUI (Q), Laplace index - IL and others). In addition, a new indicator was proposed for assessing the potential of the sharpened image in object detection using automatic algorithms, which was based on the SURF (Speeded Up Robust Features) detector. The analyses confirmed that that the proposed methods make it possible to improve the spectral and spatial quality of integration results for satellite imagery acquired by different sensors and with a non-standard ratio of spatial resolutions.

## **Metoda modyfikacji obrazu panchromatycznego w kontekście poprawy wyników integracji różnorodzielczych zobrazowań satelitarnych**

**Autor: mgr inż. Aleksandra Sekrecka**  
**Promotor: prof. dr hab. inż. Michał Kędziński**  
**Promotor pomocniczy: dr inż. Damian Wierzbicki**

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie zobrazowaniami satelitarnymi, które cechuje kilkunasto- lub kilku dziesięciometrowa rozdzielczość przestrzenna, ale których zaletą jest powszechna dostępność. Jednocześnie pojawia się potrzeba fuzji niskorozdzielczych zobrazowań wielospektralnych z obrazami pozyskanymi przez satelity o bardzo wysokiej rozdzielczości VHRS (ang. *Very High Resoluton Satellie*) w celu poprawy ich potencjału w analizach teledetekcyjnych i detekcji obiektów. Klasyczne rozwiązania zastosowane do integracji danych pozyskanych przez różne sensory, z niestandardowym stosunkiem rozdzielczości przestrzennych, nie dają dobrych rezultatów w aspekcie jakości spektralnej i przestrzennej.

W niniejszej rozprawie, na którą składa się cykl czterech publikacji, zbadano jakość wyników integracji niestandardowych zestawów zobrazowań oraz zaproponowano trzy nowatorskie rozwiązania umożliwiające poprawę jakości spektralnej i przestrzennej wyników takiej integracji. Dwa rozwiązania dotyczyły poprawy jakości spektralnej, przy czym druga metoda była zaprojektowana tak, aby jednocześnie zachować wysoką jakość przestrzenną. Natomiast trzecie rozwiązanie dotyczyło poprawy jakości przestrzennej. Wszystkie rozwiązania bazowały na zaproponowanym podejściu dwuetapowym, gdzie w pierwszym etapie była modyfikacja obrazu panchromatycznego, a drugim integracja za pomocą jednej z powszechnie stosowanych metod. W każdym rozwiązaniu zaproponowaną inną metodykę modyfikacji obrazu panchromatycznego. W badaniach udowodniono, że nowy obraz panchromatyczny, który jest średnią ważoną oryginalnego obrazu panchromatycznego i intensywności obrazu wielospektralnego, umożliwia poprawę jakości spektralnej wyników integracji. Natomiast zastosowanie funkcji logarytmicznej do modyfikacji wcześniej wyselekcjonowanych pikseli umożliwia poprawę jakości przestrzennej wyników integracji. W dwóch metodach do poprawy jakości spektralnej zaproponowano dwa sposoby obliczenia wag dla obrazu panchromatycznego i intensywności obrazu wielospektralnego. W pierwszym sposobie wagi były obliczane na podstawie stosunku informacji przestrzennej zapisanej w obu

obrazach, do czego zastosowano Analizę Głównych Składowych. W drugim sposobie wagi wyznaczono na podstawie liczby Eulera i odległości piksela od najbliższego piksela obrazującego szczegół przestrzenny. Piksele obrazujące szczegóły przestrzenne wyselekcjonowano bazując na analizie różnic pomiędzy intensywnością każdego piksela obrazu wielospektralnego a odpowiadającą mu grupą pikseli obrazu panchromatycznego.

Wszystkie proponowane rozwiązania zweryfikowano za pomocą metod jakościowych i ilościowych, bazując na analizie wizualnej oraz obiektywnych wskaźnikach: błąd średni kwadratowy – RMSE (ang. *Root Mean Square Error*), współczynnik korelacji – CC (ang. *Correlation Coefficient*), uniwersalny wskaźnik jakości obrazu – UIQUI (ang. *Universal Image Quality Index*), indeks Laplace’a – IL (ang. *Laplacian Index*) i inne. Dodatkowo zaproponowano nowy wskaźnik do oceny potencjału obrazu wyostzonego w detekcji obiektów przez automatyczne algorytmy, który bazował na detektorze cech charakterystycznych SURF (ang. *Speeded Up Robust Features*). Przeprowadzone analizy potwierdziły, że zaproponowane metody umożliwiają poprawę jakości spektralnej i przestrzennej wyników integracji zobrażeń satelitarnych pozyskanych przez różne sensory i o niestandardowym stosunku rozdzielczości przestrzennych.