

## Abstract

Despite covering a small portion of the Earth's land surface, urban areas are critical to monitor since they are the center of human settlements and economic activities. From a quick assessment of natural disasters' impact to capturing the dynamics of urban growth, remote sensing data is needed for the analysis of large area coverage. Synthetic Aperture Radar (SAR) is one of the remote sensing instruments that can provide global and continuous observations of the Earth. Its ability to penetrate clouds and not depend on sunlight is an advantage over optical sensors. However, its unique properties are difficult for non-experts to analyze. This fact leads to the exploitation of deep learning and neural networks, which, for the past decade, have created the paradigm shift of developing data-driven algorithms in an end-to-end manner.

The ideal monitoring system would be a two-stage solution: detection of city-wide events with global coverage monitoring, and then analysis of building-unit features in higher-resolution images.

This thesis explores the feasibility of deep learning algorithms for automated urban analysis using SAR. For the first stage, an unsupervised learning method using a lightweight autoencoder was proposed to output high-level features for detecting large-event changes in multitemporal SAR images. For the second stage, two SAR building-unit analyses were proposed: extraction of building footprints and land classification. This work focuses on maximizing the usage of SAR intensity data, which is the projected radar echoes available in all SAR systems. Proposed algorithms were trained using sufficient dataset size in diverse urban scenes. Results have demonstrated reasonable generalization performance, which is necessary for a monitoring system with global coverage.

**Keywords:** Synthetic Aperture Radar, Deep Learning, Change Detection, Segmentation, Urban Analysis

10-10-2024

4



1 Made Sandhi Artha Wangiyana

## Streszczenie

Obszary miejskie pomimo zajmowania niewielkiej części powierzchni Ziemi stanowią centrum ludzkich osad i działalności gospodarczej i mają kluczowe znaczenie dla monitorowania zmian. Zaczynając od szybkiej oceny wpływu klęsk żywiołowych, aż po uchwycenie dynamiki rozwoju miast, dane teledetekcyjne są potrzebne do analizy pokrycia dużych obszarów. Radar z syntetyczną aperturą (ang. Synthetic Aperture Radar, SAR) jest jednym z instrumentów teledetekcyjnych, które mogą zapewnić globalne i ciągłe obserwacje Ziemi. Jego zdolność do przenikania przez chmury i niezależność od światła słonecznego jest zaletą w porównaniu z obrazami optycznymi. Jednak jego unikalne właściwości są złożone i trudne do przeanalizowania przez osoby niebędące ekspertami. Fakt ten prowadzi do wykorzystania głębokiego uczenia i sieci neuronowych, które w ciągu ostatniej dekady stworzyły zmianę paradygmatu opracowywania algorytmów opartych na danych w sposób kompleksowy.

Proponowany system monitorowania zmian byłby rozwiązaniem dwuetapowym: wykrywanie zdarzeń na skalę miejską przy globalnym monitorowaniu środowiska, a następnie analiza cech poszczególnych budynków na obrazach o wyższej rozdzielczości.

Niniejsza rozprawa przedstawia badania nad wykonalnością i użytecznością algorytmów głębokiego uczenia do zautomatyzowanej analizy obszarów miejskich z wykorzystaniem obrazów SAR. W pierwszym etapie zaproponowano nienadzorowaną metodę uczenia się przy użyciu lekkiego autoenkodera w celu uzyskania cech wysokiego poziomu do wykrywania dużych zmian w wieloczasowych obrazach SAR. W drugim etapie zaproponowano dwie metody do detekcji zabudowy: ekstrakcję obrysów budynków i klasyfikację pokrycia terenu. Niniejsza praca koncentruje się na maksymalizacji wykorzystania danych o intensywności na zobrazowaniach SAR, które są zarejestrowanymi wartościami rozproszenia mikrofal dostępnych w teledetekcyjnych systemach SAR. Proponowane algorytmy zostały wytrenowane przy użyciu wystarczającej wielkości zbioru danych uczących w różnych obszarach miejskich. Wyniki wykazały istotną wydajność generalizacji, która jest niezbędna dla systemu monitorowania zmian o globalnym zasięgu.

**Słowa kluczowe:** Radar z syntetyczną aperturą, Uczenie Głębokie, Detekcja zmian, Segmentacja, Analiza urbanistyczna

10-10-2024

I Made Sandhi Artha Waryjener