

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：82401

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K20309

研究課題名(和文) Deep forest for disaster monitoring with multi-temporal and multi-modal earth observation data

研究課題名(英文) Deep forest for disaster monitoring with multi-temporal and multi-modal earth observation data

研究代表者

Xia Junshi (XIA, JUNSHI)

国立研究開発法人理化学研究所・革新知能統合研究センター・研究員

研究者番号：00830168

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：マルチテンポラルおよびマルチモーダルの地球観測データと深層学習手法(CNN、深層森林、PU学習など)を用いて、災害被害マッピングの新たな手法を見出しました。また、異なるモダリティ学習：2つのモダリティ間で関連する機能を学習する方法についても学習しました。深層学習手法は、2018年スラウェシ島、スンダ海峡の地震や津波などの自然災害マッピングに適用でき、一部のトレーニングサンプル問題を解決できるため、従来の手法より優れたパフォーマンスを発揮できます。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において、様々なセンサーから得られた地球観測データを用いて災害マッピングを調査できること、また深層学習手法を用いて分類能力を高めることの必要性について証明しました。実際には、教示データの欠如、観測データの不均一性、学習方法の能力などの次の課題により、災害被害マッピングの予測結果が低くなります。最も顕著な成果は、提案された方法がパフォーマンスを改善することが可能になったということです。

研究成果の概要(英文)：We developed methods for disaster damage mapping by using multi-temporal and multi-modal earth observation data and deep learning methods (e.g., CNN, deep forest, PU learning). We also studied different-modality learning: how to learn relevant features between two modalities. Our deep learning methods were applied to natural disaster mapping, such as the 2018 Sulawesi, the Sunda Strait earthquake/tsunami, etc., which can solve the limited training sample problem and outperform the traditional techniques.

研究分野：知覚情報処理

キーワード：disaster monitoring multi-modality deep forest deep learning

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

The increase of natural disasters is a phenomenon that has been witnessed all around the world. Remote sensing is a very effective tool for the disaster monitoring and management. Due to the development of the technology of sensors, we can obtain very huge multi-temporal and multi-model datasets. When using such datasets for the real disaster monitoring, we always think about the following key scientific questions: 1) how to guarantee the high precision result using huge datasets; 2) how to deal with the multi-modality datasets; 3) how to overcome the incomplete of features and training samples in the disaster.

2. 研究の目的

This project is to develop the advanced deep learning techniques (e.g., deep forest, deep CNN, Positive Unlabeled learning) for the disaster monitoring (e.g., flood, earthquake, tsunami, and landslides) with multi-model and multi-temporal images. These techniques can be applied to the real-time natural disasters to generate very high-quality disaster information to make emergency response.

3. 研究の方法

For the above purpose, we worked on the following three research subjects.

(1) Disaster database construction

For each disaster, we have collected ALOS images, Chinese GaoFen images (with the data agreement between China GEOSS Data Sharing Network and our unit) and open disaster program of the commercial company (e.g., Maxar and Capella Space) of pre- and post-events. The database of disaster includes multi-model datasets, filter images, features, and ground points (from field survey).

(2) Building damage mapping using deep learning

The advanced deep learning (deep forest, deep CNN and PU learning) are used for the classification, change detection and building damage detection.

(3) Disaster damage mapping with challenging cases

The following challenges, such as lack of training data, different modality of observational data, result in poor predictions of disaster damage mapping. In this project, we have proposed to use the PU learning and differ-modality learning to solve the challenges.

4. 研究成果

(1) Differ-modality learning

Multi-modality datasets cannot be obtained simultaneously due to many factors. Assume that we have SAR images with reference information in one place and optical images without reference in another; how to learn relevant features of optical images from SAR images? We refer to it as differ-modality learning (DML). To solve the DML problem, we propose novel deep neural network architectures, which include image adaptation, feature adaptation, knowledge distillation, and self-training modules for different scenarios. The proposed methods generated better performance than other methods (Fig.1).

(2) Building damage mapping using deep learning

We designed a damage mapping framework for semantic segmentation of damaged buildings based on a deep CNN, Mask RCNN methods. Five data modality scenarios for damage mapping: single-mode (optical and SAR datasets), cross-modal (pre-disaster optical and post-disaster SAR datasets), and mode fusion scenarios are also analyzed.

(3) Deep Forest for multi-modal classification

we propose to fuse multiple sources remotely sensed datasets, such as hyperspectral (HS) and Light Detection and Ranging (LiDAR)-derived digital surface model (DSM) using a novel deep learning method. Morphological openings and closings with partial reconstruction are considered to model spatial and elevation information for both sources. Then, the stacked features directly input to a deep learning classifier, namely Deep Forest (DF). Deep Forest can be viewed as the cascade or the ensembles of Rotation Forests (RoF) and Random Forests (RF).

(4) Building Damage Mapping with Self-Positive Unlabeled Learning

Since human-expert labeling is time-consuming, only a small number of labels are used when annotations obtained after a disaster are used to train models. The availability of labeled data is extremely restricted right after a new disaster, yet an enormous amount of unlabeled satellite images can be acquired over the affected area. By using PU techniques, we can train accurate damage assessment models for new disasters by spending less time on gathering fewer positive labels of damaged class. We demonstrate that by utilizing only a fraction of the labeled positive damage, models may obtain outcomes that are comparable to those obtained from fully supervised methods.



Fig.1 Differ-modality learning (DML) results when compared to other methods.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Wu Chuyi, Zhang Feng, Xia Junshi, Xu Yichen, Li Guoqing, Xie Jibo, Du Zhenhong, Liu Renyi	4. 巻 13
2. 論文標題 Building Damage Detection Using U-Net with Attention Mechanism from Pre- and Post-Disaster Remote Sensing Datasets	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 905 ~ 905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs13050905	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Adriano Bruno, Yokoya Naoto, Xia Junshi, Miura Hiroyuki, Liu Wen, Matsuoka Masashi, Koshimura Shunichi	4. 巻 175
2. 論文標題 Learning from multimodal and multitemporal earth observation data for building damage mapping	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 132 ~ 143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isprsjprs.2021.02.016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Adriano Bruno, Xia Junshi, Baier Gerald, Yokoya Naoto, Koshimura Shunichi	4. 巻 11
2. 論文標題 Multi-Source Data Fusion Based on Ensemble Learning for Rapid Building Damage Mapping during the 2018 Sulawesi Earthquake and Tsunami in Palu, Indonesia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 886 ~ 886
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs11070886	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yang Ruilin, Zhang Feng, Xia Junshi, Wu Chuyi	4. 巻 14
2. 論文標題 Landslide Extraction Using Mask R-CNN with Background-Enhancement Method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 2206 ~ 2206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs14092206	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Xia Junshi, Yokoya Naoto, Baier Gerald	4. 巻 60
2. 論文標題 DML: Differ-Modality Learning for Building Semantic Segmentation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1~14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TGRS.2022.3148383	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Xia Junsh, Yokoya Naoto, Adriano Bruno, Zhang Lianchong, Li Guoqing, Wang Zhigang	4. 巻 14
2. 論文標題 A Benchmark High-Resolution GaoFen-3 SAR Dataset for Building Semantic Segmentation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 5950~5963
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSTARS.2021.3085122	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計2件(うち招待講演 2件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Bruno Adriano ; Naoto Yokoya ; Junshi Xia ; Gerald Baier ; Shunichi Koshimura
2. 発表標題 Cross-Domain-Classification of Tsunami Damage Via Data Simulation and Residual-Network-Derived Features From Multi-Source Images
3. 学会等名 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junshi Xia ; Bruno Adriano ; Gerald Baier ; Naoto Yokoya
2. 発表標題 Building Damage Mapping Via Transfer Learning
3. 学会等名 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計3件

国際研究集会 2020 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition	開催年 2020年～2020年
国際研究集会 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing Symposium	開催年 2019年～2019年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------