

Landslide detection from remote sensing imagery using SPP-PCANet

Sep. 2020 Environmental Information Science 47-186813 Yimei Wei

Supervisor: Professor Takashi Oguchi

Keywords: Landslide detection, Image feature extraction, SPP-PCANet, Machine learning

1. Introduction

Landslides are complex geological phenomena that can cause serious damage to the natural environment and may result in a large number of casualties and property losses. Conducting timely landslide detection is of great significance for the coordination of rapid disaster response actions. Although field works can obtain precise landslide distribution maps, such surveys are still time-consuming and labor-intensive. In recent years, with the development of remote sensing technology and computer vision, remote sensing images have been widely used as an ideal tool for geological disaster investigation. Moreover, the increasing maturity of machine learning, especially deep learning, which can mine deeper image features, thus providing a more robust analysis of post-disaster remote sensing images. However, deep neural networks applied in landslide detection are still in their infancy, and there is much room to improve landslide detection algorithms (Ghorbanzadeh et al., 2019).

Objectives of this study are: (1) to propose and implement a new method for landslide detection using post-disaster remote sensing imagery based on the Spatial Pyramid Pooling Principal Component Analysis Network (SPP-PCANet) algorithm and in combination with a simple linear SVM classifier; (2) to determine the appropriate hyperparameters of the SPP-PCANet algorithm and evaluate the performance of the proposed method with multiple sets of sliding window sizes and morphological image processing thresholds; and (3) to further evaluate the performance by comparing the detection results from the proposed method with those obtained from three other state-of-the-art feature descriptors, i.e., HOG (Histograms of Oriented Gradients), LBP (Local Binary Patterns), and SIFT (Scale-Invariant Feature Transform). Two training zones and three typical test zones with different landslide densities located in the eastern Iburi region, Hokkaido, Japan, were selected to evaluate the detection performance of the proposed method.

2. Data and proposed methods

Two datasets were prepared for this study. One is the sample dataset constructed by manually selecting and labeling samples (including 2700 landslide samples and 1170 non-landslide samples) from the RGB ortho-photographs of two training zones provided by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI). The other is post-disaster remote sensing images of three test zones downloaded from the Google Earth website for performing landslide detection. The sample dataset was divided into two parts: the training sample dataset for feature extraction and feature learning, and the test sample dataset for hyperparameter optimization. Besides, the ground truth data obtained through binarize the landslide

distribution map officially published by GSI.

The proposed methodology used the SPP-PCANet algorithm to extract image features for SVM classifier training. In this step, the main hyperparameters of SPP-PCANet were continuously optimized through the feedback from the classification results of the test samples. Then combined the trained classifiers with the sliding window technique to perform landslide detection testing on image datasets. Notably, the problem of the limitation of sliding window sizes was solved by combining the SPP layer with the PCANet algorithm (Chan et al., 2015), thus to optimize the detection results.

3. Results and discussion

Like other mainstream convolutional networks, SPP-PCANet also requires parameter tuning. However, the proposed method requires few hyperparameters and does not require some ad hoc tricks for parameter tuning. Multiple sets of sliding window sizes and morphological image processing thresholds were considered for the landslide detection experiments in each test zone. Comparison of three test zones indicates for different scenes, landslide shapes that reflect the complexity of the environment in each zone affect the appropriate parameter settings and overall detection performance.

With the same settings of sliding window size (16×16 pixels) and the morphological processing threshold (50 units), the detection accuracy of the method based on SPP-PCANet in three test zones achieved 89.43%, 96.35%, and 92.68%, respectively, which are higher than the accuracy values obtained by methods based on HOG, LBP, and SIFT. The landslide detection results also show that four methods have obtained relatively stable recall values in all three test zones, but the other three methods yield abnormally low values of precision values. The reason for this anomaly may be because their models were over-fitted with an insufficient number of training samples. The results of the method comparison indicate that even with a small training sample data set, the proposed method is still sufficiently robust to obtain considerable landslide detection performance.

Overall, this study has attempted to use an SPP-PCANet based method to realize rapid landslide detection after a disaster. Although users still need to adjust the parameter settings according to the conditions of the test zone to obtain more accurate landslide detection results, once the appropriate related parameters are set, the trained classifier no need for human supervision. It represents that the proposed method has great potential in dealing with massive remote sensing imagery. For future work, it could be considered to construct multiple training sample data sets for further studies on detecting different types of geological disasters.

References

- Chan, T., Jia, K., Gao, S., Lu, J., Zeng, Z., Ma, Y. (2015). PCANet: A simple deep learning baseline for image classification? *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 24, pp. 5017-5032.
- Ghorbanzadeh, O., Blaschke, T., Gholamnia, K., Meena, S. R., Tiede, D., Aryal, J. (2019). Evaluation of different machine learning methods and deep-learning convolutional neural networks for landslide detection. *Remote Sensing*, vol. 11, pp. 196.

SPP-PCANet を用いたリモートセンシング画像からの斜面崩壊域の検出

2020 年 9 月 環境情報学分野 47-186813 魏 伊梅

指導教員 教授 小口 高

キーワード：地すべり検出、画像特徴抽出、SPP-PCANet、機械学習

4. はじめに

斜面崩壊は複雑な地質現象であり、自然景観に大きな損傷を与え、多くの死傷者および財産の損失をもたらす可能性がある。斜面崩壊域の検出は、災害調査の重要な予備作業の一部であり、迅速な災害対応行動にも不可欠である。現地調査により、斜面崩壊域の分布を正確に把握することができるが、そのような調査は時間がかかり、労働集約的でもある。近年、コンピュータビジョンの技術の発展に伴い、リモートセンシング画像が災害調査のための有用なツールとして広く利用されている。また、機械学習、特にディープラーニングが日増しに発展し、画像から抽象度が高い被写体を自動的に抽出できるようになり、リモートセンシング画像の解析にも貢献している。しかし、斜面崩壊域の検出に関する研究においては、ディープラーニングの応用はまだ初期段階であり、検出のアルゴリズムを改善する余地が大きいと指摘されている (Ghorbanzadeh et al., 2019)。

本研究の目的は次の三点である。(1) Spatial Pyramid Pooling Principal Component Analysis Network (SPP-PCANet) とサポートベクターマシン(SVM) を組み合わせて、災害後のリモートセンシング画像から斜面崩壊域の検出を行う新手法を提案し、実装する。(2) SPP-PCANet アルゴリズムのパラメータを適切に決定し、移動窓の大きさおよび形態学的な画像処理のしきい値を変化させ、提案された手法の性能を調べる。(3) 提案された手法の性能をより詳しく検討するために、既存の手法である HOG (Histograms of Oriented Gradients)、LBP (Local Binary Pattern) および SIFT(Scale-Invariant Feature Transform) に基づく斜面崩壊域の検出手法によって得られた結果との比較を行う。対象地域は北海道胆振東部地域とし、2 つのトレーニング・ゾーン(教師域)と 3 つの代表的なテスト・ゾーン(応用域)を選定し、提案された方法の検出性能を評価した。

5. データと手法

本研究では 2 つのデータセットを準備して使用した。一つは、国土地理院が提供している 2 つのトレーニング・ゾーンの RGB オルソ写真から、手作業でサンプルを選択し、ラベリングして作成したサンプル・データセットであり、2700 箇所の斜面崩壊と、1170 箇所の非崩壊斜面を含む。もう一つは、Google Earth のウェブサイトからダウンロードした 3 つのテスト・ゾーンに関する災害後のリモートセンシング画像である。サンプル・データセットを、特徴の抽出と学習に用いるトレーニング用のデータと、パラメータの最適化のためのテスト用のデータの 2 つに分割した。また、精度評価のベンチマークとして用いるグランド・トゥルースのデータを、国土地理院が公開している地すべり分布図を二値化して作成した。

本研究では、最初に SPP-PCANet のアルゴリズムを用いて、サンプル画像の被写体を抽出し、SVM による分類方法をトレーニングした。次に、サンプルの分類結果に基づいて、SPP-PCANet の主

要なパラメータを最適化した。さらに、トレーニングされた分類方法と移動窓の技法を組み合わせ、画像からの斜面崩壊域の検出を実行した。この際には、SPP 層と PCANet のアルゴリズム (Chan et al., 2015) を結合することにより、移動窓の大きさに関する制約を解消し、検出結果が最適化された。

6. 結果と考察

パラメータの最適化の結果は、他の主要な畳み込みネットワークを用いた場合と同様に改善の効果が大きく、SPP-PCANet もパラメータの調整が必要であることが示された。しかし、提案された方法の場合には必要なパラメータは少数であり、パラメータの調整も複雑ではない。各テスト・ゾーンでの斜面崩壊域の検出実験では、前記のように複数の移動窓の大きさと形態学的画像処理のしきい値を適用した。3 つのテスト・ゾーンを比較すると、各ゾーンの環境の複雑さを反映している斜面崩壊域の形状の違いが、パラメータの適切な設定と崩壊の検出の性能に強い影響を与えることがわかった。

16×16 の移動窓および 50 単位のしきい値を設定した場合における本研究で提案した手法の検出精度は、テスト・ゾーン 1 では 89.43%、テスト・ゾーン 2 では 96.35%、テスト・ゾーン 3 では 92.68% であり、他の 3 つ既存の手法の検出精度よりも高い値になった。また、3 つのテスト・ゾーンの全てにおいて、4 つの手法の全てで比較的良好な Recall 値が得られたが、他の 3 つの既存の手法の場合には、異常に低い Precision 値が生じた場合があった。この異常が発生した理由は、トレーニング用のサンプルの数が不十分のために、モデルがオーバーフィットしたためと考えられる。4 つの手法を比較した結果、本研究で提案した手法は、トレーニング用のサンプルが少ない場合であっても検出性能が高いことが示された。したがって、本研究により斜面崩壊の抽出のための有効な手法が提案できたと考える。

本研究では、SPP-PCANet に基づくリモートセンシング画像から斜面崩壊をする抽出する手法を提案および実装した。手法の性能を検討した結果によると、既存の手法よりも利点が多いことが判明したが、より正確な斜面崩壊域の抽出結果を得るためには、テスト・ゾーンの状況に応じてユーザーがパラメータを調整することが必要である。パラメータが適切に設定されれば、トレーニングされた分類のモデルは、さらなる手動での調整を必要とせず、多量のリモートセンシング画像を処理することが可能となる。今後、本研究とは異なるタイプの地質災害を検出するといった目的のために、様々なデータを用いた検討を行っていく必要がある。

引用文献

- Chan, T., Jia, K., Gao, S., Lu, J., Zeng, Z., Ma, Y. (2015). PCANet: A simple deep learning baseline for image classification? IEEE Transactions on Image Processing, vol. 24, pp. 5017-5032.
- Ghorbanzadeh, O., Blaschke, T., Gholamnia, K., Meena, S. R., Tiede, D., Aryal, J. (2019). Evaluation of different machine learning methods and deep-learning convolutional neural networks for landslide detection. Remote Sensing, vol. 11, pp. 196.