

氏 名	ちょう いつ ZHANG YI
本 籍 (国 籍)	中国
学 位 の 種 類	博士(工学)
学 位 記 番 号	工博 第327号
学位授与年月日	令和3年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当 課程博士
研究科及び専攻	工学研究科デザイン・メディア工学専攻
学位論文 題目	A Novel Template Matching Method based on Similarity Metric of Feature Extraction for Object Detection (特徴抽出の類似度評価に基づくテンプレートマッチ ングを用いて物体検出手法)
学位審査委員	主査 教授 今野 晃市 副査 准教授 明石 卓也 副査 教授 藤本 忠博

論 文 内 容 の 要 旨

Template matching is a basic component in a variety of computer vision systems. It could found in various applications such as image-based rendering, image compression, object detection, image matching, and action recognition, etc. The mechanism is straightforward: a large number of candidate windows are sampled in the target image, followed by a similarity measure between each pair of candidate window and template. The similarity score plays a core role in measuring the confidence of distinguishing the real target region from the candidate regions. The design of a good similarity measure is still difficult, because of the following cases. (1) The size of the target object is different in the template and target image. (2) The template includes some background regions, which differ from occlusion, noise, and appearance change. (3) The target object has some deformations in the target image (e.g., rotation, non-rigid deformation). (4) The illumination conditions differ largely between the template and the target image. (5) The target object has multiple types. In this thesis, the feature extraction based similarity metric for object detection is discussed.

Specifically, for a single object, a universal similarity measure method

is proposed that can be applied in unconstrained environments. Which is referred to as the diversity similarity measure against scaling, rotation, and illumination (DS-SRI). Specifically, DS-SRI exploits bidirectional diversity calculated from the nearest neighbor (NN) matches between two sets of points. Scaling and rotation changes are taken into consideration by introducing a normalization term on the scale change, and geometric consistency term with respect to the polar coordinate system. Moreover, to deal with the illumination change and further deformation, illumination-corrected local appearance and rank information are jointly exploited during the NN search. All the features of DS-SRI are statistically assessed, and the extensive visual and quantitative results on both synthetic and real-world data show that DS-SRI can significantly outperform state-of-the-art methods for the above problems (1), (2), (3), and (4). However, DS-SRI cannot deal with the problem (5).

Furthermore, a novel rule-based similarity measure (RBSM) method is proposed. This method can measure the similarity for multiple types of objects in a complex environment, owing to that RBSM based on universal features. Similar to the DS-SRI, the template can be treated as a dictionary and utilized to check whether the candidate is the target or not according to some rules. Unlike DS-SRI, which confirms all pixels, the RBSM verifies some super pixels to calculate the similarity. Here, super pixels are some subregions that are grouped by the common feature of all objects.

In this thesis, two practical problems are considered to evaluate the RBSM. The first one is the vehicle inspection sticker detection (VIS). Localization of VIS is difficult because the VIS is small and hard to be recognized due to the projective transformation and various environmental changes. Moreover, the type of VIS varies according to month. To solve this problem, the RBSM method with adaptive background constraints is proposed that can deal with the illumination change and the projective transformation. Specifically, the matching problem is solved by treating it as an optimization problem. The optimization problem is solved by the genetic algorithm (GA). The experimental results show that the proposed method can robustly localize various VIS under different environments.

The second practical problem, which is handled by RBSM, is the roast fish part (RFP) detection. The various shape, sizes, and colors of the fish body parts lead us to develop an algorithm to deal with the challenge of detecting multiple RFP. To solve this problem, a rule-based multi-object matching method is proposed. Similar to the VIS detection, the universal features

of RFP are utilized to design the RBSM function and a supporting template. The RBSM function is utilized to measure the probability of the candidate being RFP. Then, a mathematical model is used to obtain the candidate regions via template mapping. Finally, GA is used to search for the local optimal solution by introducing DCAPD for multi-object detection. Our method achieves good performance with fast speed. The results of these practical problems illustrate that RMBS can cover all the above difficulties with suitable templates and rules. But this method still has some limitations. For example, the template and rules are designed manually. That will be solved in the future.

論文審査結果の要旨

本論文は、類似度評価に基づくテンプレートマッチング手法を用いた目標物体検出アルゴリズムを提案している。テンプレートマッチングは、様々なコンピュータビジョンシステムの基本技術の一つである。メカニズムはシンプルであり、対象画像から多数の候補領域をサンプリングし、候補領域とテンプレートの各ペア間の類似度を測定する。類似度評価は、ターゲット領域を候補領域から区別する信頼度を測定する中心的な役割を果たす。しかし、以下のような場合があるため、高い性能を有する類似度評価方法の設計は困難である。(1)テンプレートと対象画像中の対象物の大きさが異なる。(2)オクルージョン、ノイズ、見た目の変化ではなく、背景の領域がテンプレートに含まれている。(3)目標物体が、回転や非剛体変形を起こしている。(4)照明条件がテンプレート画像と対象画像で大きく異なる。(5)目標物体が複数のタイプの見えを有している。本論文では、これらの問題のうち(1)から(4)に対応するため、スケーリング、回転、照明の変化のそれぞれにロバストな多様性類似度測定法 (DS-SRI) と、上記のすべての問題に対応するためルールベース類似度測定法 (RBSM) を提案している。DS-SRI では、マッチングの際に双方向の多様性を特徴として利用している。実験によって、DS-SRI が上記の問題(1)から(4)に対して、最新の関連研究と比較して優位性を持っていることを示している。さらに、本論文では(5)を含むすべての問題に対応可能であるRBSMを提案している。RBSMの有効性の検証では、二つの実用的な問題を設定し、DS-SRIを含む複数の関連研究と比較しており、結果としてRBSMが優位であることを示している。

本論文の構成は以下の通りである。

第1章は序論であり、この研究の背景や取り組んでいる内容、テンプレートマッチングの問題点、提案手法のアプローチといった概要が記述されている。また、本論文で扱うテンプレートマッチングに関する提案手法についての概略が記述されている。最後に、本論文の構成について説明している。

第 2 章では、物体検出の関連研究のまとめとして、テンプレートマッチングと最適化アルゴリズムの両面から関連研究について記述されている。

第 3 章では、単一の物体に対して、スケーリング、回転、照明について制約のない環境に対して適用可能な類似度測定法である DS-SRI について述べられている。具体的には、DS-SRI は、二つの点の集合間の最近傍 (NN) マッチングから計算される双方向の多様性を利用する。尺度変化と回転変化に対応するため、尺度変化に対する正規化を表す項、極座標系に対する幾何学的整合性を表す項を導入している。さらに、照明の変化と変形に対応するため、NN 探索中に照明の影響を補正し、局所的な見えのランク（領域内の画素数による順位付け）情報を利用する。DS-SRI の全ての特徴を統計的に評価し、合成データと実世界のデータを用いて視覚的かつ定量的に評価し、上記の問題 (1) から (4) において、DS-SRI が他の最新の手法と比較して高い性能を達成している。

第 4 章では、RBSM について説明されている。この手法では、類似度の測定の際に、全画素を利用する DS-SRI とは異なり、複雑な環境下で複数種類の物体の類似度を測定するため、色分布や形状といった目標物体に共通する特徴量を利用している。このような普遍的な特徴を利用することにより、複雑な環境下で複数種類の目標物体の類似度を評価することを可能としている。この手法は、DS-SRI と同様に、テンプレートを辞書として扱い、あらかじめ決められたルールにしたがって候補が目標物体であるか否かを判断するために利用することができる。本章では、問題 (1) から (5) を含むような、二つの実用的な問題（車検章の検出とサンマ蒲焼片の検出）を用いて RBSM の有効性を検証している。これらの実験結果は、既存手法や DS-SRI と比較して RBSM が優位であるという結果を示している。提案手法は、新規性が高く、このような実用的な手法は他に類を見ない。

第 5 章では、結論と今後の課題について述べている。これまでの章で述べてきたテンプレートマッチングに関する提案手法の有効性と有用性について述べ、これらの手法の将来性を検討、分析している。

以上、本論文は類似度評価指標に基づくテンプレートマッチング手法を新規に提案し、その有効性と有用性を示したものであり、メディア工学分野やコンピュータビジョンの発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。

原著論文名 (1 編)

Yi Zhang, Mengbo You, Tasuku Miyoshi, Takuya Akashi: A Vision System for Canning with Fish Sensing Using Rule-based Matching and Segmentation, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol.15, No.6 pp. 956-964, 2020