

氏名	YADANAR KHAING
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記号番号	博理工甲第 1142 号
学位授与年月日	令和元年 9 月 20 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	Full-Reference and Non-Reference Image Quality Assessment Based on Optimization Technique (最適化技術に基づくフルリファレンスおよびノンリファレンス画像品質評価)
論文審査委員	委員長 教授 島村 徹也 委員 教授 小室 孝 委員 准教授 小林 貴訓 委員 准教授 大久保 潤

論文の内容の要旨

In this study, we proposed some objective image quality estimation methods for full-reference (FR-IQA) and no-reference or blind image quality assessment (BIQA). First, we proposed a new combination technique for full-reference image quality assessment (FRIQA) by utilizing three better-recognized image quality assessment (IQA) methods. For selecting the IQA methods, we firstly pick up the most appropriate IQA index for image quality databases and then add other two indices which have the most dissimilar features with the first index. Indeed, the combination of multiple IQA measures naturally emerges because of the shortcomings of single IQA indices for different types of distortions.

Over the last several decades, IQA has been a topic of intense research in image processing field and it is the process of determining the level of accuracy of digital images. Nowadays, huge amount of images are daily produced for several purposes, for example, forecasting weather, finding diseases and monitoring criminals. For these reasons, it is very importance to keep the quality of such images at an acceptable visual level at the end-users after the production and transmission. Furthermore, accurate measurement of the image quality is an important step in many image-based applications. To achieve this goal, effective IQA algorithms are necessary and have recently become a very hot research topic.

Basically, there are two types of image quality assessment called subjective image quality assessment and objective image quality assessment. Subjective image quality assessment is the most reliable way to evaluate the visual quality of digital images perceived by the human observers. In practice, however, subjective image quality assessment is time consuming and very expensive. Thus, it is often used to construct image quality datasets and provide the ground-truth mean opinion scores (MOS) for evaluating objective quality measures. Objective image quality assessment is automatically estimating the quality of images by algorithms instead of humans using MOS provided by human

observers and it is handier than the subjective IQA. To carry out this requirement, many researchers proposed various not only single but also combination IQA methods in recent times. However, all existing single and combination IQA methods still have some shortcomings to be able to get the highest performance for full-reference IQA. Therefore, we consider a simple and robust combination method that is suitable for all image databases. In our combination, we firstly pick up the most correlated IQA method for all types of distortions by applying the algorithm that is used to select the most appropriate method for combination. After choosing the first combined IQA method, we choose the one which has the biggest index ranking difference with the first one as the second combined IQA method, since it has the most different characteristics comparing to the first chosen combined IQA method. Following the same way, we decide the third one. After selecting the most appropriate methods, we combine the three methods by employing the weighting factors, exponentiated coefficients and constant values. Then, we optimize these parameter values by using the Particle Swarm Optimization (PSO). Experimental results verified that the proposed method gives the best performance for various databases and outperforms other state-of-the-art not only traditional single methods but also previous combination methods.

On the other hand, it is very difficult to get the information of reference images for image quality estimation in reality. This gives a motivation to consider BIQA methods which are able to measure the quality of distorted images without referencing the original images. Therefore, many researchers develop numerous BIQA approaches using natural scene statistics (NSS) based features. In most NSS based BIQA methods, features are extracted by the wavelet transform and they are usually very slow due to the use of computationally expensive image transformations. Thus, more recent techniques promote extracting features from the spatial domain, which leads to a significant reduction in computation time. However, all existing BIQA methods have still restrictions to get the highest performance. To overcome the restrictions, we consider constructing a very simple and robust end-to-end learning mechanism using convolutional neural network (CNN). One of CNN's advantages is that it can take raw images as input and incorporate feature learning into the training process. Thus, in our work, we take distorted images labelled with MOS as inputs and output the related score for each image. Experimental results demonstrated that our proposed method outperforms other state-of-the-art ones.

論文の審査結果の要旨

当学位論文審査委員会は、令和元年7月29日に論文発表会を公開で開催し、論文内容の発表の後、質疑と論文内容の審査を行った。以下に、審査結果の要約を示す。

本論文は、客観的画像品質評価に関する問題において、参照画像データを併用するリファレンス型の方法および参照画像データを併用しないノンリファレンス型の方法の2つの立場から、画像品質評価アルゴリズムを検討したものである。本論文では、理想的な画像の品質評価値は、多くの人間の目を介してなされた主観的評価値であるというスタンスに立ち、客観的画像品質評価値がそれに近づくよう、アルゴリズム開発を行っている。リファレンス型においては、複数の客観的画像評価スコアを組み合わせることで、評価値の特性改善を目指し、ノンリファレンス型においては、畳み込みニューラルネットワークに基づく深層学習アルゴリズムを利用することで、より特性改善を与えるアルゴリズム開発を目指している。

まず第1章では、デジタル画像処理における品質評価方法の重要性が述べられている。主観的評価方法は、多くの手間がかかることから、最近では客観的評価方法に注目が集まり、アルゴリズムはフルリファレンス型の方法とノンリファレンス型の方法に大別されることが述べられている。それぞれの方法からの従来のアルゴリズムが示され、その長所と短所がまとめられている。特に、前者のフルリファレンス型の方法では、ピーク信号対雑音比 (PSNR) や構成類似性 (SSIM) など、従来よく用いられてきた評価方法は、ある特定の画像処理用に用いられるべきものであり、広い用途で用いる場合には、適していないことがここで主張してある。

第2章では、本論文で提案する2つのアルゴリズムのうちの一つ目が述べられている。フルリファレンス型の方法で、複数の客観的画像の評価値を組み合わせるアルゴリズムを導出している。従来、2つの異なる客観的画像評価値および3つの異なる客観的画像評価値を組み合わせる考え方は存在していたが、その客観的画像評価値の選択と組み合わせ方に最適化がなされていなかった。本論文では、3つの異なる客観的画像評価値を組み合わせる立場から、それぞれが異なる特性を有し、かつ多くの用途に適用できるよう、まず最適な3つの客観的画像評価値を選択している。そして、それらを足し合わせるのに用いる重みパラメータと、それぞれの客観的評価値をべき乗するパラメータと、合わせて6個のパラメータを自由パラメータとして最適化する評価関数を導出している。これが提案する評価関数となっている。画像データが実際に与えられたときには、粒子群最適化 (PSO) アルゴリズムを利用して、評価関数に含まれるその6つの自由パラメータを求め、評価関数を具体的に構築し、最終的な客観的評価値を算出することになる。本提案法の有効性は、6種類の画像データベースを用いて検証されている。いずれのデータベースにおいても、提案法が最も主観値に近い値を与えていることが確認されている。

第3章では、本論文で提案する2つのアルゴリズムのうちの一つ目が述べられている。ノンリファレンス型の方法で、与えられる画像1枚のみを入力として用い、客観的画像品質値を自動的に算出するアルゴリズムを導出している。第2章での方法とは異なり、ここでは既存の客観的評価値は用いず、代わりに、畳み込みニューラルネットワークを用いている。畳み込みニューラルネットワークの入力には、サイズダウンした入力画像を用いる。畳み込み層とプーリング層の組み合わせを、なるべく少ない階層構造で、良好な結果が得られるように構成してある。全結合型の構成が出力値を与える直前に用いられるようになっており、全体からすると、深層型のニューラルネットワークを利用する場合での、非常に直接的で、簡潔な方法になっている。実験により、提案法の有効性が検証されているが、第2章で用いた画像データベースと同じものを利用している。ここでは、各データベースの中の画像データを学習用部分とテスト用部分に分けて利用し、公

平な算出結果が得られるように工夫している。学習のターゲット信号には、各データベースに含まれている主観的評価値が用いられ、十分学習に時間がかけてある。実験を行った結果は、従来のノンリファレンス型の方法およびリファレンス型の方法をも比較対象とした場合においても、ここでの提案法が最も良好な結果を算出する事実を明らかにしている。主観的評価値との相関係数を算出してあるが、各データベースで0.96を超える、たいへん優れた結果が得られていることが確認できている。

第4章は、本論文のまとめである。提案する2つの客観的画像評価アルゴリズムの長所・短所を整理している。また、後者の提案アルゴリズムでは、学習方法の改善により、さらなる特性改善の可能性が残されていることに言及している。

本論文は、以上に述べたように、画像の客観的品質評価問題に対し、従来方式に特性改善を与えるアルゴリズムを提案し、その実験的評価を行っている。本論文の結果は、2編のレフリー付学術雑誌に採択され、また国際学会での発表で公表されている。

以上のように、本論文は新しい客観的画像品質評価手法の提案と、その有効性を検証した論文であり、博士（工学）の学位にふさわしい内容を持つものと判断し、審査委員会として「合格」の判定を行った。