

Form 3

論 文 要 旨

Abstract

論 文 題 目

Title

Studies on Noise Reduction and Robust Edge Detection of Digital Images by ICA Domain and Subspace Shrinkage

Principal component analysis is one of the most widely used data-adaptive linear transforms, also sometimes called the Karhunen-Loeve or Hotelling transform. The central idea in PCA is to rotate the input data such that maximum variabilities are projected onto the orthogonal axes. Independent component analysis is a fairly new data-analysis tool which has shown great promise in finding relevant features in high-dimensional data. Another closely related technique, sparse coding, was originally proposed as a neurophysiological model of sensory coding, and has recently been shown to be of great relevance also in signal and image processing.

In this dissertation, we proposed a data-adaptive denoising method and sparse composition classification in transformation domain based on these concepts, and applied to the denoising, edge detection of noisy images. These methods are also applied to a kind of imaging system (penumbral imaging) and as a preprocessing step to reconstruct the original objects.

Firstly, this dissertation gives a survey on neural learning algorithms of PCA and ICA, and image features (basis functions) learned from certain images by PCA and ICA. We introduced the theory of PCA and its another application-feature extraction and the analysed characteristics of learned image features by PCA. Mainly we introduced three representative algorithms of ICA, which were derived from different independent criteria and applied ICA to some images for extracting certain features (basis functions), which are very important for later applications. Then based on sparseness of ICA basis functions, we developed a novel denoising method in ICA domain for Poisson images. An interesting problem in this part is to design a denoising function (filter) in ICA domain. There are an infinite number of ways to decide the denoising procedure. One must select a criterion for an optimal representation of original data and balance between noise and blurring. Also, one must consider the feasibility and simpleness of implementing the actual denoising. In this dissertation, we designed an adaptive shrinkage function(algorithm) to remove noise components in transform(ICA) domain. The designed shrinkage scheme (filter) adapts to

both the signal and the noise, and balances the trade-off between noise removal and excessive smoothing of image details. The filtering procedure has a simple interpretation as a joint edge detection or estimation process. Compared to the wavelet shrinkage method, the representation (basis functions) is determined solely by the statistical properties of the data sets.

Next, we proposed a robust edge detection method based on ICA domain shrinkage. Most basis functions by ICA decomposition to image are sparse and similar to localized and oriented receptive fields, thus, the ICA components have the super-Gaussian distribution. The sparse basis functions from ICA can get a well-defined representation of image edge. In this part, we successfully classified sparse ICA basis functions from all ones using a kind of sparseness criterion and validated the efficiency of image edge by selected basis functions. At the same time, for noisy images, we utilized the earlier shrinkage method to remove the noise components and reconstructed the image edge with sparse components along.

Finally, we introduced a penumbral imaging system. This imaging system, one of the Coded Aperture Imaging (CAI) techniques, is proposed for imaging objects that emit high-energy photons, where such objects arise, for example, in nuclear medicine, X-ray astronomy, and laser fusion studies. The spatial information of an unknown source in this system can be recovered from the shadow or penumbral cast by the source. Given characteristics of the imaging system (the aperture function or point spread function and the magnification of the camera), the source function can be deconvoluted. In general, a Wiener filter, where the meansquare error is minimized, is used for decoding (deconvoluted) process. However, it is impossible for this method to avoid degradation of resolution and quality of the reconstructed image. To improve quality of reconstructed image, we applied our denoising method and robust edge detection to penumbral imaging as a kind of preprocessing step. Compared with conventional denoising filters(mean filter and medium filter), our shrinkage method based ICA can greatly improve reconstruction objects of penumbral images. Furthermore, we validated the reconstruction efficiency of penumbral images by using only the penumbra (edge information).

Name Han Xianhua

2005年8月5日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 仲尾 善勝

副査 氏名 陳 延偉

副査 氏名 アシャリフ モハムド レザ



学位(博士)論文審査及び最終試験の終了報告書

学位(博士)の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記の通り報告します。

記

申請者	専攻名 総合知能工学専攻 氏名 Han Xianhua 学籍番号 XXXXXXXXXX
指導教員	仲尾 善勝
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格 最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	Studies on noise reduction and robust edge detection of digital images by ICA domain and subspace shrinkage
審査要旨 (2000字以内)	
<p>本論文は、独立成分分析法(ICA)を用いた新しい画像処理、パターン認識の手法を提案している。本提案法では、画像は独立成分分析で統計的に学習した基底関数の線形和で表す。従来のフーリエ変換や Wavelet 変換などに比べて、独立成分分析法の基底関数は画像から直接抽出するので、画像処理により適しており、画像を効率よく表現できることがわかっている。</p> <p>本研究の成果を要約すると以下の通りである。</p>	

(次頁へ続く)

1. 放射線画像の Poisson ノイズ除去のため、ICA-Shrinkage 法を提案し、従来の Wiener フィルター法や Wavelet 変換法などに比べ、SN 比を 1.3 倍も向上させることを示している。

Poisson ノイズは信号に依存するため、これまで有効な除去法はあまり提案されていない。本提案法では、画像をまず ICA 基底関数で線形変換し、変換係数に対して、非線形 Shrinkage 関数をかけ、信号成分を保持しながら、ノイズ成分を除去する。

2. 独立成分分析法を用いたロバストなエッジ検出法を提案し、従来ノイズが存在する時にはうまく検出できなかったエッジを精度よく検出できるようになったことを示している。

エッジ検出はパターン認識や画像解析などの分野においてきわめて重要である。エッジ検出は基本的に微分オペレータを用いるので、画像に含まれるノイズにきわめて敏感である。本研究では、従来の微分法とは異なり、画像を ICA 変換し、Sparse な成分を検出することによってエッジを検出する。1 で提案した ICA-Shrinkage 法との組み合わせによって、ノイズが存在しても精度の高いロバストなエッジ検出ができる。

3. 1 と 2 の提案手法を実際の半影カメラ画像に応用し、その有効性を実験的にも検証し、実用化できることを示している。

半影カメラは中性子や硬 X 線などの透過性の高い放射性画像計測用に提案されたもので、像の影の部分(エッジ)に光源の情報をコーディングし、影の部分のみをディコーディングすれば、光源の情報を再生することができる技法である。ノイズがない場合、解像度の高い再生像を得ることができるが、実際の実験では、半影像に Poisson ノイズなどが含まれるので、再生像は著しく劣化する。本研究では、まず 1 で提案した ICA-Shrinkage 法を前処理として用いる方法を提案し、再生精度を著しく改善した。さらに、2 で提案したロバストなエッジ検出法を用いて Poisson ノイズを除去すると同時に、半影部分も同時に検出する。検出した半影部分のみをもちいて再生を行うと、再生精度が大幅に向上し、SN 比の低い半影像からでも像再生ができる。

以上のように、本研究は、工学的に価値のある新しい成果を得ているため、提出された学位論文は博士の学位論文に値するものとして学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答の結果、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに本学大学院博士後期課程修了者として十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験も合格とする。