

論文内容の要旨

論文題目 「Deep Learning and Quantum-computing Based Optimization
in Medical Imaging and Power Dispatching」
(深層学習と量子コンピューティング最適化に基づく
医用画像処理と電力最適配分)

論文提出者 マハディ ファハド パーベツ Mahdi Fahad Parvez

人工知能(AI)技術は、医療、産業、教育、その他多くの分野において、その発展に重要な役割を果たす。AI 技術は深層学習や機械学習等の技術の集合である。AI 技術を実問題に適用し、その性能を最大化するためには、他従来の研究分野である、画像解析技術、統計的技術等との融合が必須である。本博士論文では、深層学習と従来技術のハイブリッドと、その医療応用と産業応用について提案する。はじめに、深層学習と最適化法を組み合わせた歯科パノラマ画像における歯牙自動認識法を提案する。つぎに、解剖学的な3次元形状を統計的に取り扱うため、肩関節CT画像を用いた上腕骨頭の統計的形状モデル(SSM)の構築法を提案する。最後に、量子コンピューティング最適化法に基づく電力最適配分法を提案する。

第1章は序論および本博士論文の概要で構成され、本研究の背景と意義について述べる。

第2章では、深層学習の一つである Faster RCNN と最適化法を組み合わせた歯科パノラマ画像における歯牙自動認識法を提案する。これにより、歯科医のストレス、疲労、経験不足に伴う診断ミスの減少が期待されている。提案法は Faster RCNN を用いた歯牙候補を自動検出したのちに、歯牙間の相対位置関係に基づく最適化により歯列番号を決定する。1000 症例を用いた実験結果より、感度 0.968, 特異度 0.731, F1 スコア 0.982 であることが示され、本提案法は高性能に歯牙認識が可能であることを確認した。

第3章では、肩関節 CT 画像における解剖学的特徴点を用いた統計的形状モデル(SSM)構築法を提案する。人工肩関節置換術において、人工関節形状のデザインは、予後改善において重要であるが、同形状をデザインするために上腕骨頭の個人間変動のモデル化が必要である。本研究では、上腕骨頭の解剖学的特徴点を定義し、その自動決定方法を提案する。決定された解剖学的特徴点を用いることで、上腕骨頭 SSM を構築できる。提案法を 22 例の男性被験者を対象に LOOCV による交差検証の結果、ダイス係数 0.920 で構築モデルが個人形状の表現性能を有することを確認した。

第4章では、量子コンピューティング最適化法に基づく電力最適配分法を提案する。電力最適配分の目的は、必要要件を満たす発電機の組み合わせによる総燃料費の最小化である。

提案法は、異なる電力負荷要求において、3機、10機、40機の発電機システムに適用した。従来法との比較の結果、提案法は、総燃料費の低減、収束性能、計算時間において優れていることを明らかとした。

最後に、第5章において本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題について述べる。

Artificial intelligence (AI) plays a key in the development of medicine, industry, education, and others. Deep learning, machine learning, etc are all part of AI. In order to apply AI technologies to real-world problems and to maximize the performance, it should work coherently with classical technologies such as image processing and statistical analysis. This thesis studies the combination of deep learning and classical technologies and introduces medical and industrial applications. Firstly, it proposes an automatic teeth recognition model in dental panoramic X-ray images using a combination of deep learning and optimization technique. Secondly, it proposes a construction method of statistical shape model (SSM) of humeral heads. Thirdly, it proposes quantum-behaved bat algorithm-based power dispatching method.

The first chapter consists of introduction and summary of this thesis as well as its research background and motivation.

The second chapter proposes an automatic teeth recognition model in dental panoramic X-ray images using a combination of faster R-CNN technique and optimization technique. It reduces diagnosis time and thus, improves overall efficiency and accuracy of dental care system. The proposed method automatically detects tooth candidates from dental panoramic images using faster R-CNN, and then recognizes the tooth numbers with an optimization algorithm with respect to relative positions. Experimental results showed that accuracy, specificity and F1 score of the proposed model is 0.968, 0.731, and 0.982, respectively. These results verify the proposed method's ability to recognize teeth with high degree of accuracy.

The third chapter proposes a method to construct a statistical shape model (SSM) of humeral heads based on the anatomical landmarks in shoulder computed tomography (CT) images. In order to design the artificial humeral head, the individual variety of the humeral heads should be investigated. This study proposes a definition of anatomical landmarks, and automated detection method. By using the determined landmarks, humeral head SSM model can be constructed. The method was applied to 22 male subjects with leave-one-out cross validation (LOOCV). The proposed method obtained an average Dice coefficient of 0.920 to represent the individual shape using the constructed SSM.

The fourth chapter proposes a method to solve a nonlinear economic load dispatch (ELD) problem based on quantum-behaved bat algorithm (QBA). The objective of ELD is to find an optimal combination of power generating units to minimize total fuel cost of the system, while satisfying all other constraints. QBA is applied in 3-unit, 10-unit, and 40-unit power generation

systems for different load demands. The comparison of results with the conventional approaches shows that QBA performs better than the above-mentioned methods in terms of solution quality, convergence characteristics and computational efficiency. Thus, QBA proves to be an effective and a robust technique to solve such nonlinear optimization problem.

Finally, the fifth chapter summarizes the achievements of this thesis including the future research directions.