

Artificial Intelligence for Emerging Internet-of-Things Applications

その他（別言語等）のタイトル	人工知能を用いた次世代IoTアプリケーションに関する研究
著者	LI Liangzhi
学位名	博士（工学）
学位の種別	課程博士
報告番号	甲第439号
研究科・専攻	工学専攻
学位授与年月日	2019-03-25
URL	http://doi.org/10.15118/00009912

氏 名 李 良知

学 位 論 文 題 目 人工知能を用いた次世代 IoT アプリケーションに関する研究

論 文 審 査 委 員 主査 准教授 董 冕雄
教授 岸上 順一
准教授 岡田 吉史
教授 計 宇生

論文内容の要旨

近年、Internet-of-Things (IoT) のアプリケーションが増えています。たとえば、コネクテッドロボット、Internet-of-Vehicles、IoT 対応のスマートグリッド、IoT センシングなどです。IoT アプリケーションは人々の日常生活に革命を起こす可能性があります。その前には、大きく異質な IoT データを効率的に分析し、信頼できる処理、予測または決定を自動的に与えるために、一連の新しい人工知能 (AI) 技術が不可欠です。この論文は、新たな IoT アプリケーションにおけるさまざまな困難や問題に対処するために、いくつかの新しいディープラーニングアプローチの設計と実現を目的としています。

まず、災害処理用のコネクテッドロボットの場面理解タスクのために、新しい畳み込みニューラルネットワーク (CNN) モデルを提案しました。このモデルは、入力データからオブジェクトを提案し、それらのカテゴリを分類することができます。いくつかの特別に設計されたマルチタスク損失機能で、災害によって引き起こされる困難と制限を克服する。この研究における最も重要な利点は、提案された方法が RGB データを必要とせずに、角度によらない特徴を学習することができることであり、これは無秩序で変化しやすい環境にとって不可欠です。

第二に、Internet-of-Vehicles として、自律走行車の知的意思決定システムを実現するために AI 方法を採用します。この論文は、自律走行車に人間のような決断を下す能力を与える運転システムを提案しています。この意思決定方法の最大の利点は、現実の道路状況にうまく適応し、人間ドライバーを理解できることです。

第三に、この論文は、Internet-of-Energy のための電気負荷予測を目的としています。IoT ベースのディープラーニングシステムを導入して、記録データから自動的に特徴を抽出し、最終的に将来の負荷値を正確に推定します。この方法の最大の利点は、特別に設計された 2 段階予測方式であり、これによって予測精度が大幅に向上しました。また、提案した方法はいくつかの主要因子の影響を定量的に分析することができます。

最後に、Internet-of-Sensors における効率とプライバシーに対処するための新しい AI 手法を紹介します。本論文はリアルタイムセンシングデータを用いたクラウドセンシング

問題を解決するために最先端のエッジコンピューティングアーキテクチャを採用しました。データから特徴を抽出するために、分散されたディープラーニングモデルは採用されます。これは、通信コストを削減するための圧縮プロセスだけでなく、プライバシー保護のための暗号化手順でもあります。

ABSTRACT

There have been more and more Internet-of-Things (IoT) applications emerged in the recent few years, e.g., connected robots, Internet-of-Vehicles, IoT-enabled Smart Grid, IoT-based Sensing, etc. These new-generation IoT applications are potential to totally revolutionize people's everyday life, however, before that, a series of new artificial intelligence (AI) methods are needed to efficiently analyze the big, heterogeneous IoT data, and automatically give reliable decisions, accurate predictions, or quick yet correct feedbacks. In the dissertation, the author focused on the design and implementation of some novel deep learning approaches, in order to address various challenging problems in several emerging IoT applications.

First, the author proposes a view-invariant Convolutional Neural Network (CNN) Model for the scene understanding tasks of connected disaster-handling robots. In this system, two individual CNNs are used to, respectively, propose objects from input data and classify their categories. The author attempts to overcome the difficulties and restrictions caused by disasters using several specially-designed multi-task loss functions. The most significant advantage in this work is that the proposed method can learn a view-invariant feature with no requirement on RGB data, which is essential for harsh, disordered and changeable environments.

Second, the author adopts AI methods to implement intelligent decision-making for autonomous vehicles. A human-like driving system is proposed to give autonomous vehicles the ability to make decisions like a human. In this method, a decision-making system calculates the specific commands to control the vehicles based on the abstractions. The biggest advantage of this work is that the author implements a decision-making system which can well adapt to real-life road conditions, in which a massive number of human drivers exist.

Third, the author focuses on the electrical load forecasting task for the Internet-of-Energy. An IoT-based deep learning system is introduced to automatically extract features from the captured data, and ultimately, give an accurate estimation of future load value. One significant advantage of this method is the specially designed two-step forecasting scheme, which significantly improves the forecasting precision. Also, the proposed

method is able to quantitatively analyze the influences of some major factors.

At last, the author introduces a new AI method to address the efficiency and privacy problems in the Internet-of-Sensors. The author adopts the state-of-the-art edge computing method to solve the crowdsensing problem with the real-time sensing data. A distributed deep learning model is adopted to extract features from the captured data, which is not only a compression process to reduce the communication cost, but an encryption procedure for privacy protection.

論文審査結果の要旨

近年、Internet-of-Things (IoT) のアプリケーションが増えていて。たとえば、コネクテッドロボット、Internet-of-Vehicles、IoT 対応のスマートグリッド、IoT センシングなどである。IoT アプリケーションは人々の日常生活に革命を起こす可能性が秘めてあるが、その前には、大きく異質な IoT データを効率的に分析し、信頼できる処理、予測または決定を自動的に与えるために、一連の新しい人工知能 (AI) 技術が不可欠である。本研究は、新たな IoT アプリケーションにおけるさまざまな困難や問題に対処するために、いくつかの新しいディープラーニングアプローチの設計と実現をした。

まず、災害処理用のコネクテッドロボットの場面理解タスクのために、新しい畳み込みニューラルネットワーク (CNN) モデルを提案した。このモデルは、入力データからオブジェクトを提案し、それらのカテゴリを分類することが出来、いくつかの特別に設計されたマルチタスク損失機能で、災害によって引き起こされる困難と制限を克服する。この研究における最も重要なポイントは、提案された方法が RGB データを必要とせず、角度によらない特徴を学習することができることであり、これは無秩序で変化しやすい環境にとって不可欠である。

第二に、Internet-of-Vehicles として、自律走行車の知的意思決定システムを実現するために AI 方法を採用した。本研究は、自律走行車に人間のような決断を下す能力を与える運転システムを提案している。この意思決定方法の最大の利点は、現実の道路状況にうまく適応し、人間ドライバーを理解できることである。

第三に、Internet-of-Energy のための電気負荷予測をしました。IoT ベースのディープラーニングシステムを導入して、記録データから自動的に特徴を抽出し、最終的に将来の負荷値を正確に推定した。この方法の最大の利点は、特別に設計された 2 段階予測方式であり、これによって予測精度が大幅に向上した。また、提案した方法はいくつかの主要因子の影響を定量的に分析することができる。

最後に、Internet-of-Sensors における効率とプライバシーに対処するための新しい AI 手法の研究である。本研究はリアルタイムセンシングデータを用いたクラウドセンシング問題を解決するために最先端のエッジコンピューティングアーキテクチャを採用した。データから特徴を抽出するために、分散されたディープラーニングモデルを採用した。これは、通信コストを削減するための圧縮プロセスだけでなく、プライバシー保護のための暗号化手順でもある。

本研究成果は、様々な IoT アプリケーションに AI モデルをうまく適応させ、それらの安定性、精度、そして効率を改善した。その結果、スマート IoT システム全体のパフォーマンスが大幅に向上している。その価値は高く評価できるものである。このため、審査員の合議により本論文は学位に値するものと判断した。