

mgr inż. Karol Majek
Legionowa 16
05-270, Marki
tel.: 664-257-940

Poznań, 11.06.2019

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Automatyczny dobór parametrów głębokich sieci neuronowych w aplikacjach do robotów mobilnych

Głównym aspektem badawczym podjętym w rozprawie doktorskiej jest optymalizacja hiper-parametrów w celu zautomatyzowania doboru wartości parametrów głębokich sieci neuronowych w robotyce mobilnej. Automatyzacja doboru wartości parametrów usprawnia proces uczenia oraz obniża zapotrzebowanie na moc obliczeniową w szczególności w przypadku gdy dostęp do wiedzy eksperckiej jest ograniczony. W pracy zbadano różne metryki do oceny działania głębokich sieci neuronowych w zastosowaniu do robota mobilnego wyposażonego m. in. w kamerę oraz laserowy system pomiarowy. Ze względu na specyfikę praktycznego zastosowania skoncentrowano się na optymalizacji procesu uczenia uwzględniając małą licznosć danych w zbiorze trenującym. W konsekwencji zweryfikowano metodę automatycznego zwiększenia zbioru danych bez konieczności wykonywania czynności manualnego oznaczania poszczególnych obiektów.

Rezultatem prac badawczych jest uzupełnienie dziedziny głębokich sieci neuronowych o metodę HPO w kontekście automatyzacji uczenia robota mobilnego, dzięki temu proces wdrażania modeli został usprawniony. Część eksperimentalna pokrywa praktyczne zastosowania w robotyce stosowanej m. in. w ratownictwie, mapowaniu otoczenia oraz badaniach geodezyjnych. Przeprowadzono eksperymenty weryfikujące możliwość zastosowania opracowanej metody w kontekście map HD (High Definition), lokalizacji oraz w systemach pojazdów autonomicznych.

Rozprawa podzielona jest na sześć rozdziałów. W pierwszym rozdziale został opisany problem badawczy. W drugim rozdziale opisano bieżący stan wiedzy w kontekście automatyzacji uczenia maszynowego, przetwarzania obrazu, budowy map oraz samochodów autonomicznych. W rozdziale trzecim przedstawiono metodykę automatycznego doboru parametrów oraz metody optymalizacji. W rozdziale czwartym opisano usprawnienia algorytmu jednoczesnej lokalizacji i budowy mapy (SLAM). Zaproponowano nową metodykę badań geodezyjnych jako praktyczną aplikację. W rozdziale piątym przedstawione zostały wyniki eksperymentów związanych z robotami ratowniczymi, samochodami autonomicznymi pokazując

wpływ badań na robotykę mobilną. Ostatni rozdział jest podsumowaniem pracy oraz wskazaniem przyszłych kierunków rozwoju.

Praca wprowadza metodykę automatycznego doboru parametrów sieci neuronowych w robotyce mobilnej. Dodatkowo w pracy zawarto:

- metodę ewaluacji algorytmów SLAM z wykorzystaniem pomiarów geodezyjnych wysokiej dokładności zweryfikowaną w rzeczywistym środowisku,
- nową metodykę badań geodezyjnych z wykorzystaniem mobilnego mapowania i głębokich sieci neuronowych w celu automatyzacji wykrywania obiektów,
- kontrybucję do oprogramowania open source 3DTK wykonaną w ramach stypendium DAAD,
- udostępniono zbiór danych do wykrywania obiektów wraz z integracją z systemem robota,
- przeprowadzono eksperymenty w rzeczywistym środowisku z wykorzystaniem mapowania i wykrywania obiektów,
- opracowano algorytm przetwarzania obrazu na potrzeby lokalizacji pojazdu,
- opracowano i zweryfikowano zastosowanie głębokich sieci neuronowych do nawigacji samochodów w środowisku wirtualnym i rzeczywistym,
- zaadresowano problem wykrywania i rozpoznawania znaków drogowych,
- porównano jakościowo metody wykrywania obiektów.

Wykorzystanie automatycznego doboru parametrów głębokich sieci neuronowych w robotyce mobilnej jest skalowalne i może być wykorzystane w aplikacjach wykorzystujących duże zasoby danych, takich jak wielkoskalowe pomiary geodezyjne, budowanie map czy pojazdy autonomiczne.



Karol Majek, M. Sc., Eng. Legionowa 16 05-270, Marki tel.: 664-257-940 Poznań, 11.06.2019

Dissertation Abstract

Automatic selection of deep neural network parameters in mobile robotics

The main problem in the dissertation is addressing the HPO (Hyperparameters Optimization) for automatic selection of the deep neural networks' parameters in the domain of mobile robotics. Thus, tuning the values of the hyperparameters improves the training process and provides better results assuming specific metrics. The use of different metrics and how to evaluate the results of neural networks applied in a mobile robot equipped with a camera and a LIDAR (Light Detection and Ranging) were investigated. Due to the chosen domain, the goal was to optimize the training process in different scenarios, e.g., assuming a small amount of data and a short time of the deployment of the robust solution in the field. For this reason, the techniques of data augmentation were used to reduce the size of the human annotated dataset.

The research fulfills the gap in recent Deep Neural Network study by incorporating HPO into training. Thus the effort needed for the deployment within the context of the practical applications is decreased. The proposed methodology efficiently reduces the computational resources required in the situation when the expert knowledge concerning the initial guess of hyperparameters is limited. The investigation presented in the experimental part documents the potential use cases related to emergency robotics, 3D mapping, and geodetic survey. Further study on autonomous cars addresses HD (High Definition) mapping and shows that presented methodology can be incorporated into the large scale localization and autonomous driving systems.

The Thesis is organized into six chapters. The first chapter is Introduction, where the problem is formulated. Second Chapter State of the Art addresses Automated Machine Learning and advancements in image analysis, mapping, and autonomous driving. Chapter 3 Methodology presents an automatic selection of parameters and parameters optimization methods. Chapter 4 SLAM concerns the fundamental issue in mobile robotics from HPO for DNN training point of view. Furthermore, the new methodology for the geodetic survey is an essential contribution to the domain of practical applications. In Chapter 5 Results, the emergency robotics and autonomous vehicles' applications are elaborated showing the research impact into mobile robotics. The proposed methodology can be applied to other domains. Therefore, chapter Summary concludes the research and addresses future directions.

The main contribution is the methodology of automatic selection of deep neural networks' parameters in mobile robotics. Other relevant contributions are:

- a method of SLAM evaluation using the high-accuracy geodetic reference data introduced and verified in a realistic scenario,
- a new methodology for geodetic survey with a mobile mapping system,
- contribution of GPU accelerated SLAM to the open source 3DTK framework during the German Academic Exchange Service DAAD grant,
- released dataset for the detection of objects of potential interest,
- ROS package that integrates the object detection process with robotic systems,
- real-world experiments were conducted with online mapping and simultaneous object detection using constrained robot resources in the domain of autonomous vehicles, where localization, navigation, and road objects perception was addressed,
- an image analysis pipeline developed to localize the car on the road and shared as an open source contribution to the Udacity's Open Source Self-Driving Car initiative,
- end-to-end DNNs for navigation of the autonomous car were used in the simulation and the real environment,
- traffic signs detection which was addressed on a small scale problem,
- Qualitative evaluation of object detection methods was shared publicly.

The implementation of automatic selection of deep neural networks' parameters in mobile robotics is scalable. Thus, there are potential applications in many domains using HPC including large scale geodetic survey, mapping, and autonomous driving.

