

Streszczenie

Percepcja robotyczna jest intensywnie rozwijającą się dziedziną, leżącą na styku sprzętu, mechaniki i wielomodalnego przetwarzania danych, które często nie są łatwe do wykorzystania. Można zaobserwować, że liczba autonomicznych robotów znacznie wzrosła w wielu dziedzinach życia, takich jak autonomiczne pojazdy transportowe, bezpieczeństwo, inspekcja przemysłowa czy nawet eksploracja kosmosu. To tylko kilka przykładów z mnóstwa nowych, inspirujących, ale wymagających dziedzin, w których roboty będą wykorzystywane do manipulacji i przemieszczania się. Niemniej z autonomią wiąże się pewna odpowiedzialność i rosnące zapotrzebowanie na zrozumienie środowiska otaczającego robotycznego agenta, tak aby mógł się dostosować do {nieprzewidywalnych} sytuacji. Obecnie systemy percepcji jedynie w niewielkim stopniu rozpoznają właściwości taktylne otoczenia.

Celem rozprawy jest stworzenie systemu percepcji robotycznej, który spełniałby wymagania rzeczywistych zastosowań i dostarczał informacje dla systemów działających na pokładzie, takich jak lokalizacja, unikanie przeszkód czy strategia manipulacji. Ponadto, system musi być tani i mało wymagający obliczeniowo ze względu na ograniczone zasoby robota mobilnego. Metodyka pracy dotyczy przede wszystkim sztucznej inteligencji, a zwłaszcza uczenia maszynowego. Metody te zdominowały tę dziedzinę ze względu na najlepsze wyniki, więc ich wybór był naturalny. W niniejszej rozprawie przedstawione zostały metody głębokiego uczenia nadzorowanego w dwóch typach zadań. Po pierwsze w klasyfikacji powierzchni dotykanej przez robota. Po drugie w zadaniu regresji parametrów fizycznych tejże powierzchni, do których zalicza się np. sztywność dotykanego obiektu. Uczenie nienadzorowane natomiast jest kluczowym narzędziem do zrozumienia ukrytych właściwości danych sensorycznych oraz tego, jak robot może je wykorzystać bez nadzoru. Także odporność percepcji robota okazała się ważną cechą dla wdrożenia systemu w rzeczywistości. Poniższa rozprawa zawiera rozwiązania mające na celu jej zwiększenie, głównie poprzez wykorzystanie modułów uwagi.

Mikołaj Bednarek

Abstract

The number of autonomous robot use cases significantly increased in multiple real-life scenarios, e.g., autonomous vehicles for transportation, safety and security, industrial inspection, or even space exploration. These are only a few examples from the plethora of new, inspiring, challenging domains where manipulators or mobile robots, e.g., walking machines, can be utilized. The real-life robotic use cases require robust perception, an intersection of sensor mechanics, hardware, and multi-modal data processing. Managing this complex system is often not trivial. Nevertheless, with autonomy comes responsibility and increasing demand for understanding the environment around an agent. The robot must adapt to unpredictable situations and cope with the open-world assumption. In this thesis, I advocate that the perception system robustness might be achieved by exploiting the haptic properties of the surroundings. There is a pressing need to explore this topic as the current solutions must cope better with this modality.

The following dissertation aims to create a unified robotic perception system that would meet the requirements of real-world applications and deliver appropriate information for onboard robot systems, e.g., localization, obstacle avoidance, or manipulation. Such a perception system has to be low-cost and computationally low-demanding due to the limited resources available on a mobile robot. A methodology concerns artificial intelligence, especially machine learning. These methods dominated the field of perception in recent years due to their superior performance, and their choice was natural. Deep learning methods focus predominantly on a supervised setup in material/terrain classification or when a continuous variable associated with a specific parameter is needed (e.g., stiffness estimation). Moreover, I also explored an unsupervised learning setup as it became a fundamental tool for understanding hidden characteristics in sensory data. Eventually, perception robustness emerged as a crucial characteristic of deploying it in the real world. The dissertation includes multiple solutions to increase the robustness, primarily by using attention modules.

Michał Bednarek