

## **EAGER IMPRESS-U: Badania eksploracyjne nad kompresją generatywną dla kompresyjnego lidara**

Projekt dotyczy zagadnień obejmujących teoretyczne aspekty uczenia maszynowego, teledetekcji oraz przetwarzania sygnałów i obrazów. Zasadniczym jego celem jest opracowanie nowych idei oraz metod kompresji generatywnej umożliwiającej przesyłanie oraz przechowywanie dużych ilości danych pomiarowych pochodzących z lidarów satelitarnych. Urządzenia takie stanowią ważny element systemów teledetekcji pozwalający na pozyskiwanie danych pomiarowych dotyczących struktury topologicznej powierzchni Ziemi (m.in. lasów, rzek i zbiorników wodnych, obszarów pustynnych, trawiastych, czy też zurbanizowanych). Analiza przeprowadzana na takich danych pozwala pogłębić rozumienie wielu zjawisk występujących na Ziemi, w szczególności procesów zachodzących w ekosystemie, które determinują obieg składników odżywczych, wody i węgla na Ziemi. Analiza taka nie jest jednak możliwa bez dostarczenia odpowiedniej ilości wiarygodnych danych pomiarowych.

W przeciwieństwie do pomiarów lotniczych, aktualne możliwości pomiarowe lidarów satelitarnych są ograniczone zarówno pod względem rozdzielczości przestrzennej, jak również zasięgu. Wynika to z faktu, iż odbicia promienia laserowego emitowanego z satelity są mierzone tylko wzdłuż jednowymiarowej ścieżki. Powoduje to pominięcie znacznych obszarów terenu znajdującego się pomiędzy sąsiednimi śladami, których położenie wynika z ruchu satelity względem Ziemi. Jednym z najnowszych osiągnięć opracowywanych przez NASA w celu minimalizacji tych ograniczeń jest idea lidara dwuwymiarowego, dzięki któremu możliwe jest bardziej równomierne pokrycie większego obszaru emitowanymi wiązkami laserowymi. Takie rozwiązanie, określane jako kompresyjny lidar satelitarny (ang. *compressive satellite lidar*) powoduje jednak, iż pomimo szerokiego pola obserwacji, mamy do czynienia z tzw. rzadkim (ang. *sparse*) próbkowaniem terenu, co oznacza, iż pomiary dokonywane są w punktach znacznie bardziej od siebie oddalonych niż w przypadku tzw. „gęstych” (ang. *dense*) pomiarów wykonywanych przy pomocy teledetekcji lotniczej. Zatem również w tej sytuacji występuje zjawisko braku danych, choć ma ono inny charakter aniżeli w przypadku lidarów 1D.

Celem projektu jest zbadanie możliwości użycia metod uczenia maszynowego, w szczególności dla głębokich sieci neuronowych, do rekonstrukcji trójwymiarowego obrazu terenu na podstawie danych z kompresyjnego lidara satelitarnego uzyskiwanych z wysokości kilkuset kilometrów o jakości porównywalnej z wynikami uzyskiwanymi z wysokości kilkuset metrów. Chociaż aktualnie w lidarach satelitarnych NASA nie jest używana kompresja danych pomiarowych, w przypadku lidarów kompresyjnych możliwość taka pojawia się w naturalny sposób, zatem dodatkowym celem projektu jest zbadanie możliwości użycia metod kompresji generatywnej dla tego rodzaju danych pomiarowych umożliwiających uzyskanie znacznie wyższych stopni kompresji aniżeli metody dotychczas stosowane.

Ze względu na fakt, iż rezultaty uczenia głębokich sieci neuronowych są silnie zależne od zastosowanej funkcji strat, istotnym elementem projektu jest zbadanie wpływu oraz dobór możliwie najlepszego modelu, który pozwoli na jak najlepszą rekonstrukcję obrazu terenu poddanego kompresji generatywnej. Aktualnie w tym celu stosowane są jedynie najprostsze wskaźniki jakości i podobieństwa obrazu, takie jak błąd średniokwadratowy (MSE) i inne oparte na porównaniu pikseli, czy też na podobieństwie strukturalnym (ang. *Structural Similarity* – SSIM), stosowane głównie dla obrazów naturalnych. Jednakże w ciągu ostatnich lat nastąpił znaczny postęp w dziedzinie oceny jakości obrazów, w tym bazujących na ocenie ich wzajemnego podobieństwa, co umożliwia zastosowanie innych wskaźników, w tym dostosowanych do specyfiki obrazów pozyskiwanych za pomocą technik teledetekcji, także jako funkcji strat podczas uczenia sieci neuronowej.

Rolą polskiego zespołu, w ścisłej współpracy z zespołem z Narodowego Uniwersytetu Lotniczego „Kharkiv Aviation Institute” w Charkowie (KhAI), jest opracowanie odpowiednich funkcji strat, w szczególności bazujących na dostosowaniu i modyfikacji zaproponowanych wcześniej hybrydowych wskaźników jakości obrazów dla różnych rodzajów obrazów, a także ich weryfikacja dla danych z pomiarów satelitarnych oraz lotniczych udostępnionych przez zespół z University of Delaware. Wskaźniki takie, po optymalizacji pod kątem ich zastosowania do różnych rodzajów obrazów, w tym także satelitarnych i lotniczych, charakteryzują się wysoką korelacją z ocenami subiektywnymi, co zostało udokumentowane w licznych publikacjach zarówno kierownika i zespołu z Wydziału Elektrycznego ZUT w Szczecinie, jak również opracowanymi w ramach wcześniejszej współpracy z zespołem z Charkowa.

Projekt zakłada wzmocnienie współpracy naukowców z University of Delaware, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie oraz Narodowego Uniwersytetu Lotniczego w Charkowie, m.in. dzięki miesięcznym stażom członków zespołów z ZUT i KhAI w Delaware, a także wizytom studyjnym oraz bieżącej współpracy zdalnej podczas realizacji projektu.