Nr rejestracyjny: 2025/57/N/ST10/02820; Kierownik projektu: mgr Maksymilian Kulicki

Trójwymiarowe uczenie głębokie z uwzględnieniem kontekstu dla inwentaryzacji pojedynczych drzew na podstawie naziemnych danych LiDAR

Lasy są pod rosnącą presją zmian klimatycznych, co wymaga precyzyjnego monitorowania, aby zrozumieć zachodzące w nich zmiany. Tradycyjna inwentaryzacja lasu – gdzie leśnicy mierzą drzewa jedno po drugim za pomocą taśm mierniczych i notatników – to wyczerpująca praca, która może zająć miesiące nawet na niewielkich obszarach. Wsparciem są satelity, fotografując lasy z góry, ale rejestrują tylko korony drzew, pomijając pnie i dolne warstwy, które mówią nam o zdrowiu lasu i różnorodności biologicznej.

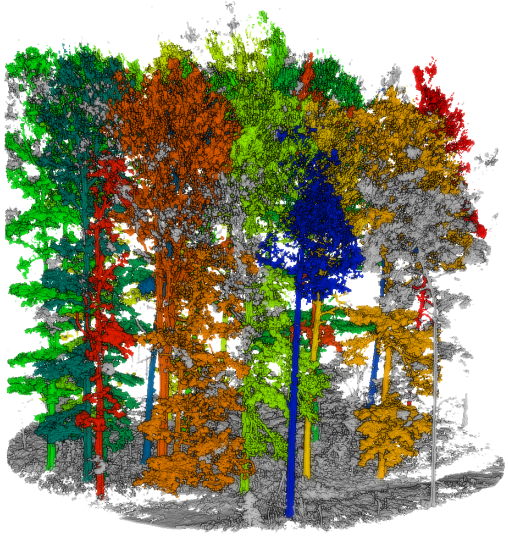

Figure 1: Manually segmented trees from TLS data we will use to train Deep Learning models

Przełomowa technologia naziemnego skanowania laserowego (TLS) zmienia sposób badania lasów. Skanery te emitują miliony impulsów laserowych na sekundę, tworząc szczegółowe mapy 3D wszystkiego wokół nich – każdy pień, gałąź i krzew uchwycony z milimetrową precyzją. W ciągu minut zbierają więcej informacji niż zespoły terenowe mogłyby zebrać w ciągu tygodni. Tworzy to jednak nowe wyzwanie: ogromne zbiory milionów punktów 3D, które wymagają zaawansowanej analizy, aby określić, które punkty należą do którego drzewa i jaki gatunek reprezentuje każde drzewo.

Tu właśnie wkracza sztuczna inteligencja. Nasz projekt rozwija systemy głębokiego uczenia – podobne do tych, które rozpoznają twarze na zdjęciach – aby automatycznie identyfikować pojedyncze drzewa i ich gatunki z tych złożonych chmur punktów 3D. Lasy są jednak znacznie bardziej skomplikowane niż środowiska miejskie, gdzie zwykle działa taka sztuczna inteligencja. Drzewa przeplatają się, gałęzie nachodzą na siebie, a gęsta roślinność stanowi wyzwanie nawet dla najbardziej zaawansowanych algorytmów.

Nasza innowacja polega na połączeniu sztucznej inteligencji ze zgromadzoną przez dziesięciolecia wiedzą leśną. Lasy Państwowe prowadzą Leśne Mapy Numeryczne zawierające bogate informacje o każdym drzewostanie – warunki glebowe, wysokość nad poziomem morza, poziomy wilgotności i znane rozmieszczenie gatunków. Uczymy naszą sztuczną inteligencję wykorzystywać tę wiedzę, tak jak doświadczeni leśnicy wiedzą, że dęby preferują określone gleby, podczas gdy świerki rozwijają się w innych warunkach. To połączenie nowoczesnej technologii z istniejącą wiedzą czyni nasze podejście wyjątkowo skutecznym.

Wdrażamy też klasyfikację hierarchiczną, która odzwierciedla sposób, w jaki botanicy identyfikują drzewa. Gdy model jest pewny, może zidentyfikować dokładny gatunek. W przypadku niepewności może dostarczyć bardziej ogólną klasyfikację – rozróżniając drzewa iglaste od liściastych lub identyfikując rodzaj. Takie podejście zapewnia wiarygodne wyniki nawet przy zmiennej jakości danych.

Nasze badania opierają się na nowym i unikalnym zbiorze danych, który opracowaliśmy: ponad 10 000 pojedynczych drzew z polskich lasów, każde ręcznie wydzielone przez ekspertów. Ten niezwykły zasób pozwoli nam trenować systemy sztucznej inteligencji, które działają niezawodnie w różnych typach lasów i warunkach.

Wpływ będzie transformacyjny. Zamiast sporadycznych pomiarów co dziesięć lat, zarządcy lasów będą mogli mieć częste, szczegółowe skany swoich lasów. Będą mogli śledzić wzrost pojedynczych drzew, wcześnie wykrywać choroby i obserwować reakcje na zmiany klimatu w czasie rzeczywistym. Nie chodzi tu tylko o wydajność – chodzi o posiadanie precyzyjnych informacji potrzebnych do podejmowania świadomych decyzji dotyczących ochrony i zarządzania lasami.

Łącząc najnowocześniejsze technologie skanowania 3D, sztuczną inteligencję i tradycyjną wiedzę leśną, tworzymy narzędzia dla nowej ery monitorowania lasów. Ponieważ lasy stają się coraz ważniejsze dla regulacji klimatu i ochrony różnorodności biologicznej, te technologie zapewniają, że możemy je rozumieć i chronić z bezprecedensową precyzją i na bezprecedensową skalę.