

Klasyfikacja chmur punktów

Opracowanie algorytmu automatycznej klasyfikacji elementów infrastruktury na podstawie chmur punktów (ChP) z inwentaryzacji terenu

1. Wprowadzenie - opis organizacji, sytuacji i stanu aktualnego

Centralny Port Komunikacyjny (CPK) to strategiczne przedsięwzięcie obejmujące budowę nowego lotniska oraz sieci linii kolejowych dużych prędkości. Realizacja tak złożonego projektu wymaga precyzyjnych danych przestrzennych 3D oraz jednolitych standardów wymiany informacji, w tym metodyki BIM i centralnych środowisk danych (CDE). Jednym z kluczowych źródeł danych wykorzystywanych w całym cyklu inwestycyjnym są chmury punktów (ChP) pozyskiwane z mobilnych, lotniczych, naziemnych skanów laserowych, a także z procesu fotogrametrycznego (zdjęcia lotnicze).

W trakcie trwania budowy CPK planowane jest regularne pozyskiwanie chmur punktów w celu monitorowania postępu robót, kontroli jakości wykonywanych prac oraz bieżącej weryfikacji zgodności stanu rzeczywistego z modelem projektowym. Dane te pozwalają na bardzo dokładne odwzorowanie terenu i infrastruktury, jednak ich objętość – od dziesiątek do setek gigabajtów – powoduje, że ich analiza jest czasochłonna i w dużej mierze wykonywana ręcznie.

Obecnie pracownicy wykonawców, nadzoru i projektanci muszą samodzielnie klasyfikować elementy znajdujące się w chmurach punktów. Automatyczna klasyfikacja pozwala na rozpoznawanie ogólnych kategorii obiektów, jednak w przypadku bardziej szczegółowych elementów – takich jak krawężniki, studnie, perony, nawierzchnie, oznakowanie, elementy zieleni, słupy – konieczna jest ręczna, dokładna identyfikacja. Proces ten jest wolny, niejednorodny i trudny do standaryzacji. Różne narzędzia, różne formaty oraz brak automatyzacji powodują, że dane z inwentaryzacji nie są od razu gotowe do porównań z modelami 3D, które są podstawą kontroli jakości w metodyce BIM.

Aby móc efektywnie wykorzystywać ChP w analizach terenowych i inżynierskich, CPK potrzebuje narzędzia, które w szybki i automatyczny sposób zaklasyfikuje punkty do odpowiednich kategorii obiektów infrastrukturalnych. Tylko wtedy oprogramowanie analizujące dane będzie w stanie precyzyjnie porównywać rzeczywisty stan budowy z zaprojektowanymi modelami 3D przygotowanymi w ramach BIM — identyfikując różnice, odchylenia oraz elementy wymagające interwencji.

Czym jest metodyka BIM?

Metodyka BIM (Building Information Modeling) to sposób pracy oparty na cyfrowych, trójwymiarowych modelach obiektów oraz powiązanych z nimi informacjach technicznych. W BIM dane projektowe są ze sobą powiązane, aktualizują się w sposób skoordynowany i umożliwiają szybkie analizy oraz symulacje. BIM nie dotyczy tylko projektowania – obejmuje cały cykl życia infrastruktury: projekt, budowę, odbiory i późniejsze utrzymanie.

2. Wyzwanie

Wyzwanie polega na opracowaniu rozwiązania, które automatycznie klasyfikuje elementy infrastruktury na podstawie chmur punktów (ChP) pozyskanych z inwentaryzacji terenu prowadzonej na placach budowy CPK. Uczestnicy mają stworzyć moduł lub algorytm, który

potrafi rozpoznać i przypisać punkty do określonych kategorii obiektów, takich jak np. nawierzchnie dróg, torowiska, krawężniki, słupy, znaki, bariery, zieleń, rurociąg, linie wysokiego napięcia, trakcja czy zabudowania.

Celem jest przygotowanie narzędzia, które znacząco przyspieszy i uprości analizę danych 3D, umożliwiając szybkie porównanie stanu istniejącego z modelami 3D tworzonymi w metodyce BIM. Dzięki temu możliwa będzie automatyczna ocena postępu budowy, jakości wykonanych prac oraz wykrywanie rozbieżności względem projektu.

Uczestnicy powinni zaproponować rozwiązanie praktyczne, możliwe do wdrożenia, które dostarczy klasyfikację ChP w sposób powtarzalny, skalowalny i zgodny z używanymi formatami danych. Trzon wyzwania nie polega na stworzeniu pełnej aplikacji projektowej, lecz na opracowaniu skutecznego algorytmu klasyfikacji, który można łatwo zintegrować z systemami CDE oraz narzędziami analitycznymi wykorzystywanymi przy inwestycjach infrastrukturalnych.

3. Oczekiwany rezultat

Oczekiwany rezultat jest prototyp modułu (rozwiązania obliczeniowego), który automatycznie klasyfikuje punkty chmury punktów (ChP) do określonych kategorii elementów infrastruktury (min. 5 klas obiektów). Moduł powinien działać jako komponent możliwy do integracji z istniejącymi narzędziami analitycznymi i środowiskami danych (CDE), a nie jako pełna, rozbudowana aplikacja użytkowa.

Rozwiązanie powinno umożliwiać przetworzenie danych z inwentaryzacji terenu i nadanie punktom odpowiednich klas, takich jak np.: nawierzchnia drogi, torowisko, krawężnik, słup, znak, bariera, zieleń czy zabudowa. Wyniki klasyfikacji mają pozwolić systemom analizującym dane na szybkie porównanie stanu rzeczywistego z modelami 3D przygotowanymi zgodnie z metodyką BIM, co umożliwi bieżącą ocenę postępu i jakości realizacji prac budowlanych w CPK.

Oczekujemy rozwiązania, które:

- jest modulem obliczeniowym (preferowana forma),
- posiada minimalny interfejs obsługowy (np. proste UI web lub CLI),
- przyjmuje dane wejściowe w formatach powszechnie stosowanych w inwentaryzacji (np. LAS/LAZ),
- zwraca plik wynikowy z nadanymi klasami oraz podstawowy raport jakości,
- działa w sposób powtarzalny i skalowalny, przetwarzając duże wolumeny danych,
- jest możliwe do wdrożenia w praktyce, z jasną instrukcją uruchomienia.

Użytkownicy końcowi rozwiązania:

- zespoły odpowiedzialne za monitoring budowy i jakość prac w CPK,
- specjaliści analizujący chmury punktów,
- koordynatorzy BIM/CDE przygotowujący zestawienia i porównania z modelami 3D,
- projektanci i inżynierowie weryfikujący zgodność wykonania z dokumentacją projektową.

Rezultat ma mieć charakter praktycznego prototypu, który realnie przyspieszy analizę ChP oraz ułatwi automatyczne porównanie danych terenowych z modelami BIM, stanowiąc fundament do dalszego rozwoju narzędzi kontroli jakości prac przy CPK.

4. Wymagania formalne

Projekt przesyłany do oceny powinien zawierać:

- Tytuł projektu oraz krótki opis rozwiązania, obejmujący cel, przyjęte założenia i sposób działania algorytmu klasyfikacji.
- Prezentację w formacie PDF (maksymalnie 10 slajdów) opisującą: architekturę modułu, zastosowane metody, sposób przetwarzania referencyjnej chmury punktów oraz przykładowe rezultaty.
- Krótki film (do 3 minut) prezentujący działanie rozwiązania na *udostępnionej przez CPK referencyjnej chmurze punktów*, w tym wizualizację efektów klasyfikacji.
- Instrukcję uruchomienia, która umożliwi oceniającym samodzielne przetestowanie prototypu (format wejścia, formaty wyjścia, kroki instalacyjne). Test odbędzie się na innym przykładzie chmury punktów o podobnym charakterze.
- Wynik przetworzenia referencyjnej ChP, dostarczony w jednym z dopuszczonych formatów:
 - plik LAS/LAZ z nadanymi klasami,
 - dodatkowym plusem będzie plik IFC przedstawiający podstawowe elementy infrastruktury pozyskane z klasyfikacji.

Dodatkowo projekt może zawierać:

- Repozytorium kodu (np. GitHub/GitLab) z opisem struktury narzędzia.
 - Obraz Dockera lub inny sposób uruchomienia modułu, ułatwiający replikację wyników.
 - Zrzuty ekranu i grafiki prezentujące przebieg i efekty klasyfikacji.
 - Link do wersji demonstracyjnej (np. proste UI web lub panel podglądu).
 - Dodatkowe materiały techniczne, jeśli wspierają zrozumienie rozwiązania.
-

5. Wymagania techniczne

Rozwiązanie powinno być przygotowane jako moduł obliczeniowy służący do automatycznej klasyfikacji chmury punktów. Uczestnicy mogą wybrać dowolne technologie, jednak muszą one umożliwiać łatwe wdrożenie narzędzia w środowisku inżynierskim i integrację z systemami przetwarzającymi dane 3D.

Wymagania technologiczne i funkcjonalne:

- Formaty wejściowe: obowiązkowo obsługa plików LAS/LAZ (dostarczone przez CPK).
- Formaty wyjściowe:
 - LAS/LAZ z nadanymi klasami,
 - dodatkowym plusem będzie plik IFC (zawierający odtworzone podstawowe elementy sklasyfikowanej infrastruktury),
- Algorytm klasyfikacji: dowolny (ML, DL, heuristic-based), jednak musi działać deterministycznie i powtarzalnie.
- Skalowalność: rozwiązanie powinno umożliwiać przetwarzanie dużych zbiorów danych poprzez techniki takie jak tiling, streaming lub batch processing.
- Interfejs: dopuszczalne jest proste UI web lub CLI; kluczowe jest czytelne i łatwe uruchomienie prototypu.
- Integracja: moduł powinien być możliwy do wpięcia w istniejące pipeline'y danych przestrzennych (np. poprzez API, konteneryzację lub wywołania wsadowe).

- Konteneryzacja: mile widziane przygotowanie obrazu Docker umożliwiającego powtarzalne uruchomienie rozwiązania.

Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i wdrażalności:

- Rozwiązanie nie powinno korzystać z narzędzi, które uniemożliwiają jego wdrożenie w środowisku korporacyjnym (np. wymagających specyficznych, zamkniętych usług dostępnych wyłącznie na komercyjnych platformach SaaS).
- Kod i biblioteki użyte w projekcie muszą mieć otwarte lub darmowe licencje, dopuszczalne w projektach pilotażowych i badawczych.
- Należy unikać wykorzystywania narzędzi generujących zamknięte, niedokumentowane formaty danych.

Elementy niewskazane lub niedopuszczalne:

- Pełne aplikacje komercyjne, które nie umożliwiają uruchomienia algorytmu w formie modułowej.
- Rozwiązania wymagające specyficznej infrastruktury, której nie można zreplikować podczas oceny (np. sprzętu o niestandardowej konfiguracji).
- Technologie uniemożliwiające pracę z dużymi wolumenami danych lub ograniczające możliwość wdrożenia w systemach CPK.

Wymagania ogólne dotyczące wdrażalności:

- Rozwiązanie powinno być modułarne, tak aby można je było w przyszłości rozbudować o kolejne klasy obiektów lub dodatkowe algorytmy.
- Struktura komponentu powinna wspierać integrację z narzędziami do analiz BIM i porównywania modeli 3D.
- Dokumentacja powinna jasno wskazywać, jak uruchomić moduł oraz jakie są wymagania sprzętowe.

6. Sposób testowania i/lub walidacji

Aby zapewnić rzetelną i obiektywną ocenę rozwiązań, proces walidacji będzie oparty na dwóch zestawach danych: jednym udostępnionym do opracowania algorytmu i drugim, odseparowanym, wykorzystanym wyłącznie przez jurorów do testów.

Dane do pracy zespołów

CPK udostępni uczestnikom:

- jeden plik LAS/LAZ, który może być wykorzystany do trenowania, dostrajania i weryfikacji rozwiązania,
- niezbędną dokumentację klas oraz opis elementów infrastruktury.

Zespoły będą pracować wyłącznie na tym pliku.

Dane do testów i oceny

Podczas oceny jurorzy użyją odrębnego pliku LAS/LAZ, o podobnym charakterze, gęstości i zakresie infrastruktury.

Zespoły nie będą znały treści tego drugiego pliku przed etapem oceny. Zapobiega to dostrajaniu algorytmu wyłącznie pod jeden zestaw danych i pozwala ocenić rzeczywistą zdolność generalizacji rozwiązania.

Zakres oceny rozwiązania

1. Poprawność klasyfikacji
 - obliczana na *niewidzianym wcześniej* pliku LAS,

- metryki: ilość przetworzonych punktów, liczba sklasyfikowanych punktów, liczba niesklasyfikowanych punktów, macierz pomyłek,
- ocena wizualna.
- 2. Kompletność i poprawność danych wynikowych
 - dostarczenie pełnego pliku wynikowego (LAS/LAZ, ew. IFC)
 - zgodność klas, geometrii i metadanych.
- 3. Wydajność, stabilność i rozwój
 - czas przetwarzania pliku testowego,
 - brak błędów podczas uruchamiania,
 - jasność instalacji i uruchomienia,
 - modularność i możliwość dalszego rozwoju.

Cel walidacji

Celem testowania jest sprawdzenie, czy rozwiązanie potrafi:

- generalizować, czyli poprawnie klasyfikować dane, których wcześniej nie widziało,
- przyspieszyć analizę chmur punktów,
- dostarczać wyniki możliwe do wykorzystania podczas monitoringu jakości i postępu prac na budowie CPK.

7. Dostępne zasoby

CPK udostępni uczestnikom jeden plik LAS/LAZ zawierający chmurę punktów, która będzie służyć do opracowania i testowania prototypu podczas pracy nad rozwiązaniem. Plik zostanie przekazany w formie umożliwiającej bezproblemowe pobranie poprzez link na Discordzie [#chmura-pod-kontrolą].

Na potrzeby oceny jury wykorzysta drugi, odrębny plik LAS/LAZ, o podobnych parametrach, którego uczestnicy nie będą znali wcześniej. Pozwoli to zweryfikować, czy zaproponowany algorytm poprawnie klasyfikuje również nowe dane.

Pliki zawierające chmury są przeznaczone tylko i wyłącznie na potrzeby HackNation2025 i nie mogą być używane do innych celów.

8. Kryteria oceny

W tej części należy przedstawić kryteria oceny – powinno ich być **pięć**, z przypisanymi **wagami**, których suma wynosi 100% (nie muszą być równe).

Przykładowe kryteria:

- Skuteczność klasyfikacji — 30%
- Zgodność z wyzwaniem i poprawność techniczna — 20%
- Pomysł działania algorytmu — 20%
- Potencjał rozwojowy o nowe klasy — 20%
- Potencjał wdrożeniowy — 10%

9. Dodatkowe uwagi / kontekst wdrożeniowy

Najlepsze rozwiązania wypracowane podczas #hacknation2025 mogą zostać zaproszone do dalszej współpracy z CPK. Zakładamy możliwość przeprowadzenia pilotażu na rzeczywistych danych z budowy oraz konsultacji technicznych z zespołem Transformacji Cyfrowej. Wybrane zespoły mogą otrzymać szansę rozwinięcia prototypu do poziomu modułu wykorzystywanego w procesach monitorowania jakości i postępu prac budowlanych.

W przyszłości narzędzie do automatycznej klasyfikacji chmur punktów może stać się elementem szerszego ekosystemu analitycznego CPK, wspierając porównania ze środowiskiem BIM i usprawniając zarządzanie danymi 3D na placach budowy.

10. Kontakt

Mentorzy z CPK:

Michał LATAŁA – dyrektor Biura Transformacji Cyfrowej

Agnieszka NOWAK-DALEWSKA – Ekspert ds. zarządzania chmurami punktów

Leszek MAJKA – Ekspert BIM ds. standardu modelowania infrastrukturalnego

obecni na Discord: #zapytaj-mentora, #chmura-pod-kontrolą
