

Od modelu 3D do cyfrowego bliźniaka jeziora: integracja danych batymetrycznych, fotogrametrycznych i LiDAR w analizach immersyjnych VR

inż. Julia Leszczyńska, mgr inż. Tomasz Kozakiewicz

Opiekunowie projektu: dr inż. Tomasz Templin, dr inż. Grzegorz Grunwald

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geoinżynierii, Międzynarodowe Koło Naukowe Geomatyki i Nawigacji Satelitarnej GeoSiN

CEL PRACY

Celem pracy było opracowanie cyfrowego bliźniaka Jeziora Boczego poprzez integrację danych batymetrycznych, fotogrametrycznych pozyskanych z BSP oraz danych skaningu laserowego LiDAR, a następnie implementację modelu w aplikacji VR umożliwiającej wykonywanie analiz i pomiarów przestrzennych w środowisku immersyjnym.

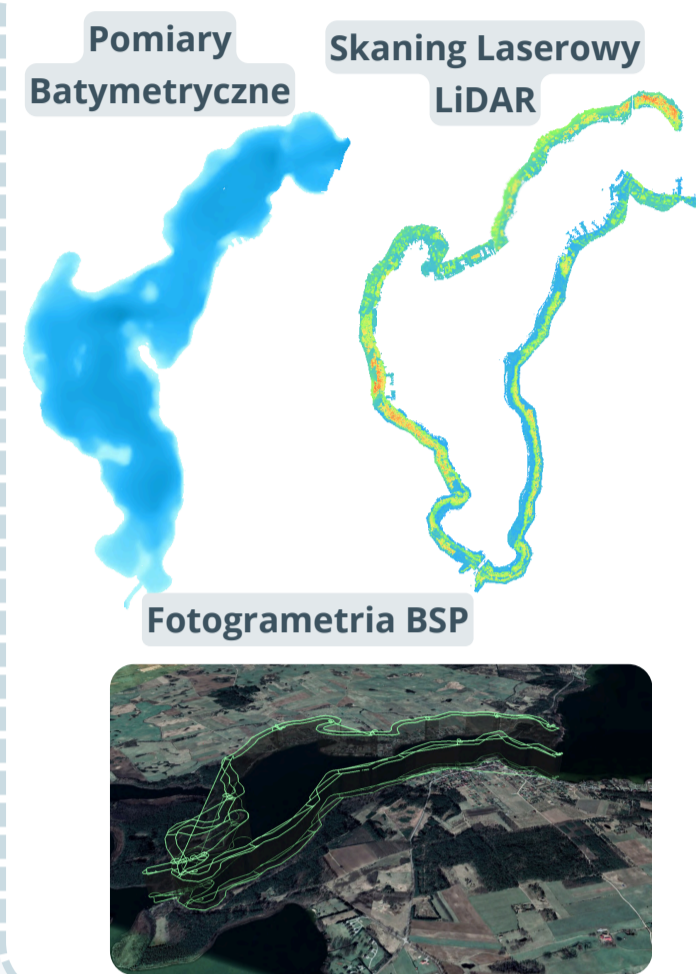
WPROWADZENIE I OBSZAR BADAŃ

Jeziora śródlądowe stanowią złożone układy przestrzenne, w których wzajemne relacje między częścią nadwodną i podwodną mają istotne znaczenie dla bezpieczeństwa żeglugi, funkcjonowania infrastruktury brzegowej oraz sposobu użytkowania akwenu. Z perspektywy analiz przestrzennych kluczowe znaczenie ma zintegrowane odwzorowanie rzeźby dna, linii brzegowej oraz strefy przybrzeżnej, umożliwiające łączną interpretację morfologii zbiornika i jego otoczenia. Integracja danych batymetrycznych, danych fotogrametrycznych pozyskanych z BSP oraz danych skaningu laserowego LiDAR stwarza podstawę do opracowania referencyjnego modelu trójwymiarowego, który po wzbogaceniu o komponent hydrologiczny może pełnić funkcję cyfrowego bliźniaka jeziora.

Badania przeprowadzono na Jeziorze Boczym, gdzie zróżnicowanie morfologii dna i strefy brzegowej wpływa na warunki nawigacyjne oraz przestrzenną organizację użytkowania akwenu. Zintegrowanie danych opisujących część nadwodną i podwodną w ramach jednego opracowania umożliwia kompleksową analizę geometrii zbiornika i jego otoczenia, a także dokumentowanie zmian przestrzennych bez konieczności każdorazowego powtarzania pełnego zakresu prac terenowych. Implementacja modelu w środowisku immersyjnym VR dodatkowo rozszerza możliwości interpretacyjne poprzez bezpośrednią analizę relacji przestrzennych między ukształtowaniem dna, przebiegiem linii brzegowej i strefą przybrzeżną.

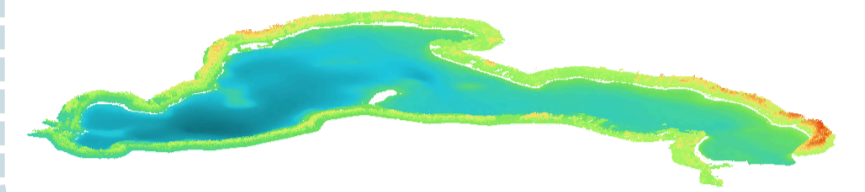


Dane wejściowe

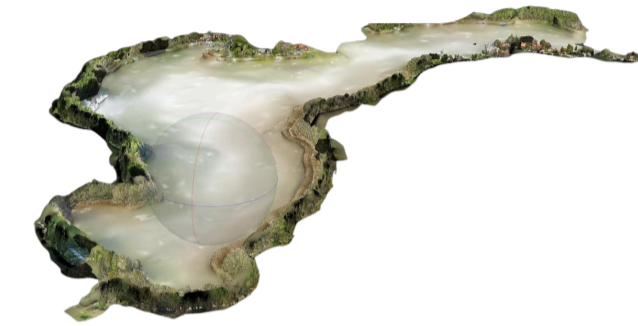


METODYKA

Integracja Danych



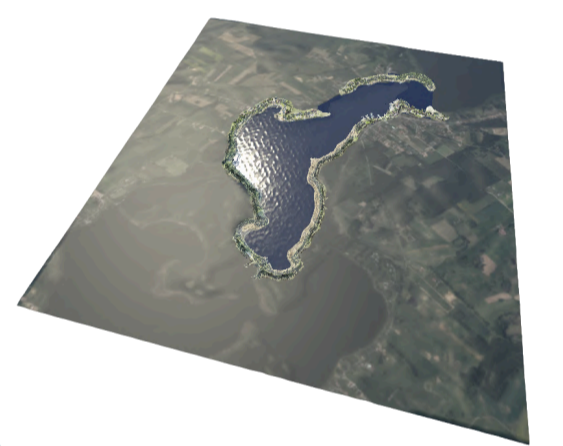
Model 3D



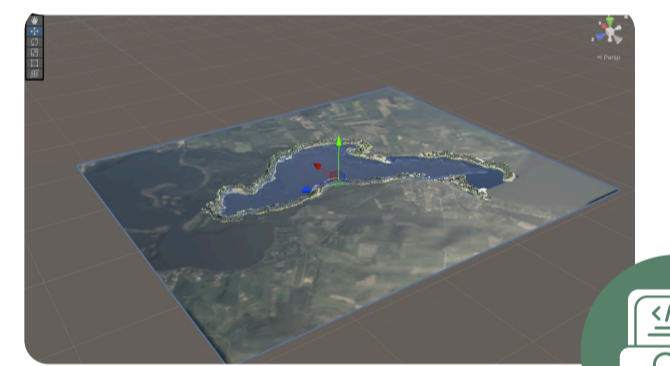
Integracja Danych Hydrologicznych



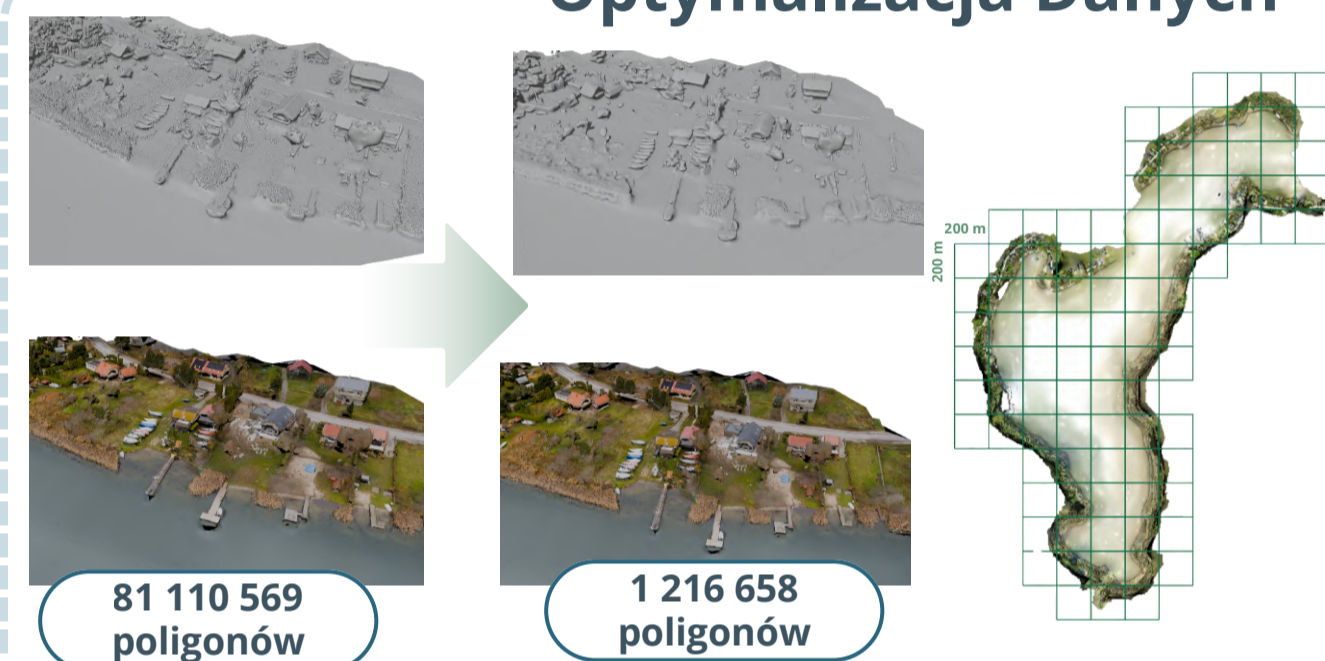
Cyfrowy Bliźniak



Wirtualne Środowisko



Optymalizacja Danych



Metodykę badań oparto na wieloetapowej ścieżce obejmującej pozyskanie, integrację, optymalizację i implementację danych w środowisku immersyjnym. W pierwszym etapie zgromadzono źródłowe dane przestrzenne z pomiarów batymetrycznych, fotogrametrii BSP oraz skaningu laserowego LiDAR.

Następnie przeprowadzono ich integrację geometryczną i semantyczną, uzyskując spójną reprezentację strefy nadwodnej i podwodnej badanego akwenu. Na tej podstawie opracowano referencyjny model 3D jeziora, który zoptymalizowano obliczeniowo przez generalizację geometrii i segmentację do postaci kafli 3D, co zapewniło wydajne renderowanie i dalsze zastosowania analityczne.

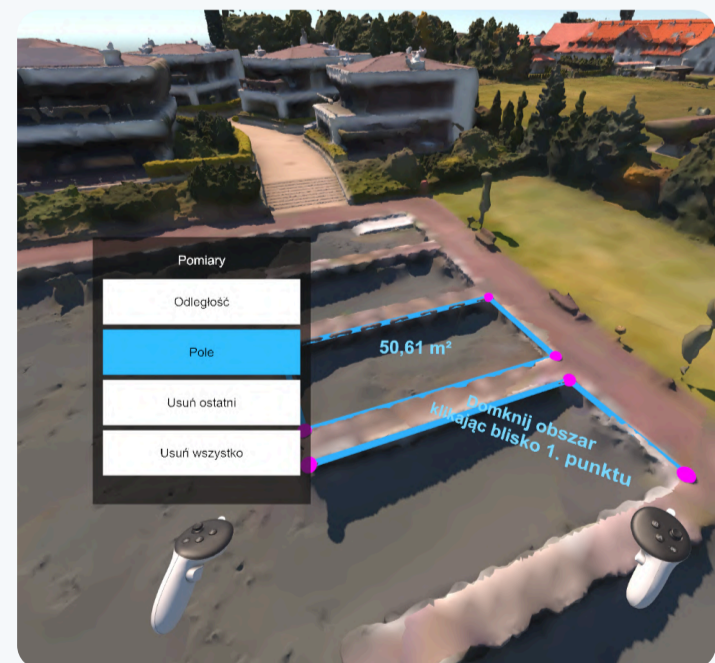
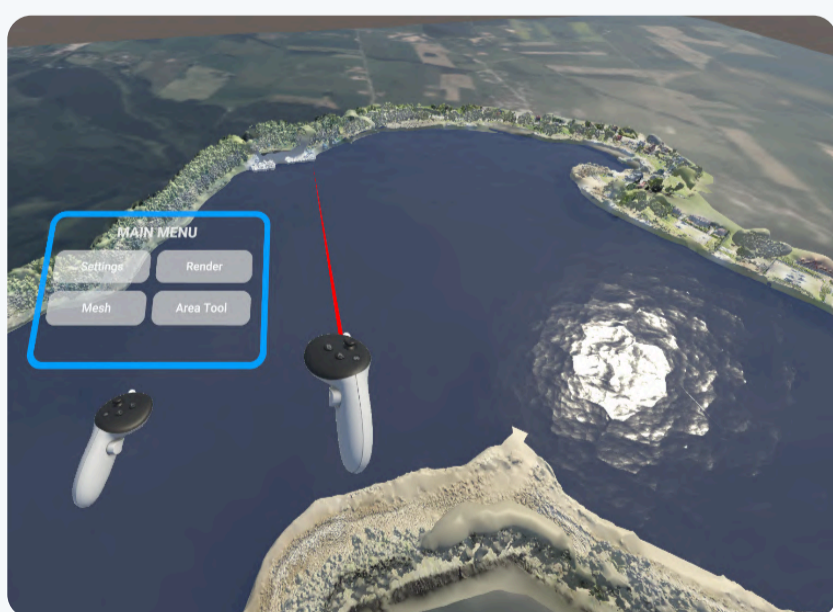
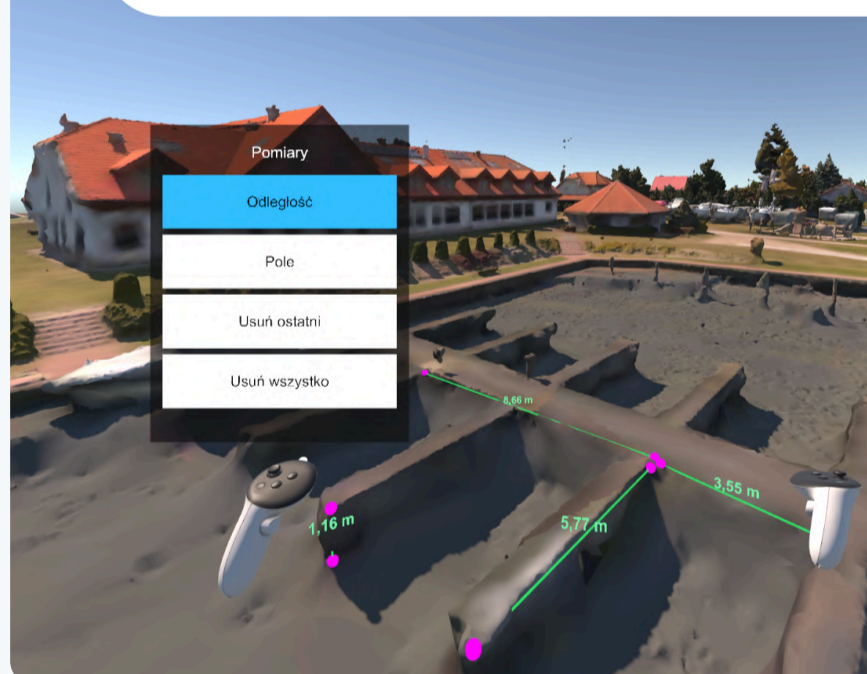
W kolejnym etapie model wzbogacono o dane hydrologiczne, zwłaszcza informację o aktualnym położeniu zwierciadła wody, co pozwoliło przekształcić statyczny model geometryczny w cyfrowego bliźniaka jeziora. Kluczowym elementem było wdrożenie modelu w środowisku rzeczywistości wirtualnej oraz opracowanie aplikacji VR jako immersyjnego narzędzia analitycznego. Aplikacja umożliwia interaktywną wizualizację modelu oraz wykonywanie pomiarów i analiz przestrzennych bezpośrednio w środowisku wirtualnym. Tak opracowana ścieżka procesowa połączyła wieloźródłowe dane przestrzenne, komponent hydrologiczny i funkcje analityczne VR w jednym środowisku cyfrowego bliźniaka jeziora.

WYNIKI

Wizualizacja modelu w środowisku VR



Pomiary przestrzenne



- Uzyskano zintegrowany model 3D Jeziora Boczego, obejmujący dno, linię brzegową i strefę przybrzeżną.
- Uzupelnienie modelu o komponent hydrologiczny pozwoliło utworzyć cyfrowego bliźniaka jeziora, odnoszącego analizy przestrzenne do aktualnego poziomu wody.
- Opracowano aplikację VR do immersyjnej eksploracji modelu oraz wykonywania pomiarów i analiz przestrzennych.
- Zastosowane podejście poprawiło czytelność relacji między rzeźbą dna, strefą przybrzeżną i linią brzegową, istotnych w analizach akwenów śródlądowych.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Integracja danych batymetrycznych, fotogrametrycznych BSP oraz danych skaningu laserowego LiDAR umożliwiła opracowanie spójnego modelu trójwymiarowego obejmującego zarówno część podwodną, jak i nadwodną akwenu. Uzupelnienie modelu o komponent hydrologiczny pozwoliło na przekształcenie statycznego odwzorowania geometrycznego w cyfrowego bliźniaka jeziora, rozszerzając zakres możliwych analiz przestrzennych.

Istotnym rezultatem pracy była implementacja modelu w środowisku rzeczywistości wirtualnej oraz opracowanie dedykowanej aplikacji VR, umożliwiającej wykonywanie pomiarów i analiz przestrzennych w trybie immersyjnym. Takie podejście zwiększa możliwości interpretacji relacji przestrzennych między rzeźbą dna, linią brzegową i strefą przybrzeżną, a jednocześnie wskazuje na użyteczność integracji wieloźródłowych danych pomiarowych i analityki VR w budowie cyfrowych bliźniaków akwenów śródlądowych.