

## Streszczenie

# MODELOWANIE ZABUDOWY 3D NA PODSTAWIE DANYCH SKANINGU LASEROWEGO

Modelowanie 3D na podstawie danych przestrzennych jest jednym z wiodących zagadnień w dziedzinie geomatyki. Stale rosnący potencjał aplikacyjny trójwymiarowych modeli zabudowy wiąże się z potrzebą opracowania metod pozwalających na wydajną i dokładną rekonstrukcję, o jak najwyższym stopniu automatyzacji. Biorąc pod uwagę złożoność procesu modelowania oraz ogromną ilość danych wejściowych, nawet częściowy postęp automatyzacji jest sukcesem, pozwalającym na zaoszczędzenie olbrzymich nakładów pracy i czasu, wynikających z manualnego opracowania. Pomimo podejmowanych na całym świecie intensywnych badań nad udoskonaleniem procesu modelowania, algorytmy pozwalające na automatyczną i wysoce dokładną rekonstrukcję budynków są jednak wciąż w fazie rozwoju.

Tematem prezentowanych badań jest opracowanie w pełni automatycznej metody rekonstrukcji pozwalającej na trójwymiarowe modelowanie zabudowy na podstawie chmury punktów, pozyskanej za pomocą technologii lotniczego skaningu laserowego. Podstawowy problem badawczy w niniejszej pracy stanowi przekształcenie surowego zbioru danych ALS w model budynku 3D, posiadający określoną strukturę topologiczną oraz semantyczną. Pomimo ogromnego potencjału, jaki zawierają dane źródłowe, ich charakterystyka, a w szczególności nieuporządkowana struktura zbiorów, powoduje trudności związane z automatyczną interpretacją. W konsekwencji niezbędne jest wykonanie wielu operacji przetwarzania danych zanim możliwe będzie pełne wykorzystanie zawartych w nich informacji.

Opracowany w ramach badań kompletny proces modelowania 3D obejmuje cztery główne etapy: detekcję budynków w zbiorze danych, rekonstrukcję konturów zabudowy, identyfikację struktur elementarnych oraz budowę bryły. W efekcie przeprowadzonych prac zostały opracowane i zaimplementowane algorytmy umożliwiające w pełni automatyczną budowę wirtualnych modeli zabudowy na poziomie szczegółowości LoD2. Ostatnim etapem badań była ocena skuteczności zaproponowanych rozwiązań, biorąca pod uwagę dokładność wyznaczenia lokalizacji obiektów oraz precyzję modelowania rekonstruowanych elementów 3D. Ocenę opracowanych algorytmów wykonano na podstawie porównania otrzymanych rezultatów modelowania z danymi referencyjnymi według standaryzowanych przez ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) metod walidacji. Rezultatem prac jest oryginalna metodologia modelowania 3D bazująca na podejściu hybrydowym będącym kombinacją metod *data driven* oraz *model driven* i charakteryzująca się wysoką skutecznością.

**Słowa kluczowe:** modelowanie 3D, rekonstrukcja, budynek, LIDAR, chmura punktów, algorytm.

## Abstract

# 3D BUILDING MODELING BASED ON LASER SCANNING DATA

Three dimensional modeling based on spatial data is one of the leading topics in geomatics. A constantly growing range of 3D models application causes a need for efficient and accurate reconstruction methods, with the possibly highest degree of automation. Considering both, the complexity of the modeling process and a huge amount of input data, even partial automation progress is a success that enables to save huge amount of work and time, which arise from the manual development. Despite conducted worldwide intensive efforts to improve the process of building modeling, the algorithms that allow an automatic and highly accurate building reconstruction based on 3D point clouds are, nonetheless, still in a development phase.

The main objective of the study is to develop a fully automated reconstruction method that enables to construct 3D building models based on a point cloud acquired by airborne laser scanning technology. The primary research problem in this work is to transform a raw ALS data set into a 3D building model with defined semantics and a topological structure. Despite a huge range of capabilities offered by these data, their characteristics - in particular unordered structure - causes difficulties in automatic interpretation. Consequently, it is required to perform many data processing operations before it will be possible to use the information contained therein.

A complete 3D modeling process developed within the research consists of four main stages: detection of buildings in the data set, building outlines reconstruction, identification of elementary structures and finally, building block construction. The conducted work results in a development and implementation of the algorithms that allow the fully automatic building reconstruction at the LOD2. The final stage of the study was to evaluate the performance of the proposed solutions, taking into account objects detection accuracy and modeling precision of reconstructed elements. The quality assessment of the results was carried out based on a comparison to the reference data, according to the validation methods standardized by the ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing). The result of the research is an original methodology for 3D building modeling that combines strong features of both basic reconstruction approaches: *data driven* and *model driven* and is proven to be high efficient.

**Key words:** 3D modelling, reconstruction, building, LIDAR, point cloud, algorithm.