

## Procedural Generation of Buildings based on Google Street View Images and GIS-data

This thesis explores the synergy of data science and geography, focusing on 3D visualization of geographical data. It builds on prior work at the KU Leuven, which used GIS-data, or Geographical Information System data, to create urban visualizations. In this research we aim to address its shortcomings, like inaccurate architectural attributes. The research question revolves around uniting Unity-based visualization with machine learning-derived data from Google Street View images for precise 3D building representations. More specifically, a detection framework is proposed to locate the window positions and types of a facade and to detect the colours of facades and windows. This additional data makes it possible to create a more reality-based model with a minimum of user input. To this end, GIS-data from the OpenStreetMap database, which is freely available, is used to obtain information about the building shape, and machine learning techniques are used on Google Street View Static API images of a facade to extract window and colour information. Convolutional neural networks are generally used in object detection, in this case the detection of window positions and sizes. Knowing these image features make the classification of the resulting windows possible. Moreover, employing image transformations facilitates the extraction of colour codes for both facades and window frames. Additionally, considerable effort has been done to facilitate the user-program interaction.

In summary, this thesis introduces an innovative method for generating 3D models from existing structures, skilfully achieving a harmony between minimal user input and result accuracy. Users only provide an OpenStreetMap file, select a house and its facade on a map and mark its facade corners on a Google Street View Image. After this, a 3D model is visualized. It's important to note the existing constraints tied to Google Street View image quality and the scarcity of available machine learning training data.

## Procedurale Generatie van Gebouwen gebaseerd op Google Street View Afbeeldingen en GIS-data

Deze thesis onderzoekt de samengang tussen datascience en geografie, met de focus op driedimensionale visualisatie van geografische data. Het bouwt voort op eerder onderzoek aan de KU Leuven, die gebruik maakte van GIS-gegevens, oftewel geografische informatiesysteemgegevens, om stedelijke visualisaties te creëren. In dit onderzoek is het doel om tekortkomingen binnen dat onderzoek aan te pakken, hoofdzakelijk de onnauwkeurigheid van architecturale eigenschappen. De onderzoeksvraag draait om het verenigen van een op Unity gebaseerde visualisatie met machine-learning geëxtrageerde gegevens uit Google Street View-beelden met als doel nauwkeurige driedimensionale gebouwrepresentaties. Meer specifiek wordt een detectiemethode voorgesteld om de posities en types van ramen van een gevel te lokaliseren en vervolgens de kleuren van gevels en ramen te detecteren. Deze aanvullende data maakt het mogelijk om een meer realistisch model te creëren met een minimum aan gebruikersinvoer. Hiervoor worden GIS-gegevens uit de OpenStreetMap-database, die vrij beschikbaar zijn, gebruikt om informatie te verkrijgen over de gebouwworm, en worden machine learning technieken toegepast op Google Street View Static API-beelden van een gevel om venster- en kleurinformatie te extraheren. Convolutionale neurale netwerken worden gebruikt voor objectdetectie, in dit geval voor het detecteren van vensterposities en -groottes. Deze kenmerken maken de classificatie van de resulterende vensters mogelijk. Bovendien maken beeldtransformaties de extractie van kleurcodes voor zowel gevels als

raamkozijnen mogelijk. Verder is er aanzienlijke moeite gedaan om de interactie tussen gebruiker en de applicatie te versoepelen.

Deze thesis introduceert een innovatieve methode voor het genereren van driedimensionale modellen uit bestaande structuren, waarbij een balans wordt gevonden tussen minimale gebruikersinvoer en resultaatnauwkeurigheid. Gebruikers hoeven enkel een OpenStreetMap file mee te geven, een huis en de facade aan te wijzen en de hoekpunten van de facade aan te duiden op een Google Street View afbeelding. Hierna wordt een 3D model gegenereerd. Het is belangrijk om de bestaande beperkingen met betrekking tot de kwaliteit van Google Street View-beelden en het gebrek aan beschikbare machine learning trainingsgegevens mee in rekening te brengen.