



Title	Automatic extraction and quantitative analysis of building facade information at large scale using street-level images and deep learning
Author(s)	Zhang, Jiaxin
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/89626
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

Abstract of Thesis

Name (ZHANG JIAXIN)	
Title	Automatic extraction and quantitative analysis of building facade information at large scale using street-level images and deep learning (大規模スケールに適用可能なストリートビュー画像と深層学習を用いた建物ファサード情報の自動抽出と定量分析)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>The digital management of the existing building facade plays a key role in efficiently allocating resources and developing urban renewal strategies. Large-scale collection and management of building facade data are crucial in the maintenance of the life cycle of the stock buildings. However, the automation of the building measurement process has long been a challenge that has plagued both academia and industry. Field measurements by professional surveyors are still the predominant method in the industry. This study attempts to develop a framework to automate the measurement of building facade data at a large scale to construct an urban facade database. The collected building facade data includes semantic segmentation, dominant colors, building functions, and wall-window semantic information. The dissertation will be divided into six chapters.</p> <p>Chapter 1 introduces the research background, problem statement, research objective, research significance, research scopes, research framework, and the overview of the dissertation.</p> <p>Chapter 2 reviews the issues and recent research pertinent to this study. It is divided into five sections, the first of which introduces the brief problem of orientation on the achievements and shortcomings of the facade data extraction using street-level images and deep learning. The second section presents the existing methods for automatic objects removal with obstructed facades completion. The third section describes the strengths and limitations of using synthetic datasets for training instance segmentation of building facades. The fourth section reviews the applications of image-based building facade data extraction in city information modeling and building retrofitting. The fifth section summarizes the gaps in established research and outlines the overall objectives of this study.</p> <p>Chapter 3 addresses object removal and facade inpainting. An image-based cityscape removal approach is proposed by detecting multiple classes, including pedestrians, cyclists, vegetation, and cars, as well as using generative adversarial networks to fill in the detected areas by background textures from streetscape images.</p> <p>Chapter 4 develops a novel framework that can automatically produce synthetic datasets from a city digital twin (CDT). An auto-generation system for synthetic street views was built by rendering a city's digital assets into a game engine, while the system auto-generated the annotations for building facades. The hybrid dataset, along with various subsets containing different proportions of synthetic and real data, were used to train deep learning models for facade instance segmentation. Two types of synthetic data (CDT-based and virtually-based) were compared, and the results showed that the CDT synthetic data were more effective in boosting deep learning training with real-world images compared with the virtual synthetic data (no real-world counterparts). By swapping a certain portion of the real data with the proposed CDT synthetic images, the performance could almost match what is achievable when using the real-world training set.</p> <p>Chapter 5 explores an approach utilizing state-of-the-art deep learning techniques and street-level imagery to measure multiple facade elements, including facade dominant color, building function, and window-wall semantics. A database was constructed using a street of 500 meters in length in Osaka, Japan as an example. The results demonstrate the transferability and effectiveness of the scheme.</p> <p>Chapter 6 offers the conclusions, contributions, and limitations of the study and presents plans for future work.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (ZHANG JIAXIN)	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主 査 准教授 福田 知弘
	副 査 教授 澤木 昌典
	副 査 教授 矢吹 信喜

論文審査の結果の要旨

建物ファサードデータの大規模な収集とマネジメントは、ストックされている建物ライフサイクルの維持管理、都市再生の戦略を検討するために重要な役割を担っている。しかし、建物計測プロセスの自動化は長年の課題であり、専門の調査員による現場計測が未だに主流である。そこで本論文は、都市のファサードデータベースを構築するために、大規模スケールに適用可能な建物ファサードデータの計測を自動化するフレームワークを開発することを目的としており、全6章から構成されている。

第1章では、研究背景、問題提起、研究目的、研究意義、研究範囲、研究枠組み、論文の構成を述べている。

第2章では、既往研究のレビューとして、ストリートビュー画像と深層学習を用いた建物ファサードデータの抽出、建物ファサードの手前に存在する不要なオブジェクトをデジタル除去した上で画像補間する方法、インスタンスセグメンテーション用ネットワークを学習させる建物ファサードデータをコンピュータが生成する合成データセット、都市モデリングと建物改修分野での画像を用いた建物ファサード抽出の観点からそれぞれ整理している。そして、リサーチギャップと研究の位置づけを述べている。

第3章では、完全な建物ファサードデータを生成するために、建物ファサードの手前に存在する不要なオブジェクトを仮想除去し、建物ファサードで補間する方法について提案している。不要なオブジェクトの代表例である歩行者、自転車、植栽、自動車を検出し、敵対的生成ネットワークにより街並み画像から生成したテクスチャで補間する方法を実装し、実験により検証している。

第4章では、インスタンスセグメンテーション用ネットワークを学習させる上で必要な建物ファサードのデータセットを合成データセットで自動生成するフレームワークを開発している。これは、3次元都市データをゲームエンジンでレンダリングし、建物ファサードのアノテーションを生成できるシステムであり、生成した合成データと実世界データを様々な割合で混ぜ合わせてネットワークを学習させた結果、建物ファサードの合成データは学習を向上させる効果があることを確認している。

第5章では、建物ファサードの主調色、建物の機能、窓と壁のセマンティクスなど、複数のファサード要素を測定するために、深層学習とストリートビュー画像を応用する方法を提案している。そして、延長500mのストリートを対象として建物ファサードのデータベースを本方法により構築し、提案方法の有効性を確認している。

第6章では、本研究の結論、貢献、限界、今後の研究課題を述べている。

以上のように、本論文は環境エネルギー工学の発展に寄与すること大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。