

# Merkmalsbasierte Kategorisierung im Building Information Model mithilfe von Machine Learning

Constantin Richter<sup>1</sup> and Jascha Brötzmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, Technische Universität Darmstadt,  
Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt, Deutschland  
E-mail(s): email@constantinrichter.de, broetzmann@iib.tu-darmstadt.de

**Abstract:** Einhergehend mit wachsenden Kompetenzen in der 3D-Modellerstellung ist *Building Information Modeling* durch die aktive Nutzung als Informationsträger zunehmend in den Fokus gerückt. Die Kollaboration unter Einbeziehung externer Projektbeteiligter in heterogenen Softwareumgebungen setzt ein herstellerneutrales sowie softwareunabhängiges Datenformat voraus. In der vorliegenden Arbeit werden daher die *Industry Foundation Classes* (IFC) als offene Datenstruktur und Datenformat für Bauwerksdaten in diesem Kontext besprochen. Durch die computergestützte Wissensmodellierung nehmen Anzahl und Variationen notwendiger Spezifikationen zu. Neben einer einheitlichen Struktur ist daher ein gemeinsames Verständnis von Objekten sowie eine standardisierte Terminologie Voraussetzung für eine konstruktive Zusammenarbeit. Aus diesem Grund werden hierfür Klassifikationssysteme als eines der wichtigsten Systeme zur Strukturierung von Informationen diskutiert. Hier eignet sich vor allem die VDI-Richtlinie 2552, welche die mögliche Einbindung verschiedener nationaler Klassifikationssysteme im Rahmen von IFC mithilfe von Merkmalen vorsieht. Auf dieser Grundlage wird schließlich die Möglichkeit der Automatisierung mittels Machine Learning untersucht. Der Einsatz von Decision-Tree-Algorithmen zur Unterstützung der merkmalsbasierten Kategorisierung eignet sich dabei zur Automatisierung von Klassifizierungsprozessen. Die Anforderungen an binäre Merkmale von Trainingsdaten für diese Algorithmen entsprechen im hohen Maß den Rahmenbedingungen hierarchisch numerisch strukturierter Klassifikationssysteme wie der DIN 276.

**Keywords:** BIM, IFC, Maschinelles Lernen, Klassifizierung

## 1 Einleitung

Mit der angestrebten Digitalisierung im Bauwesen wird zunehmend auf die kollaborative Planungsmethode des *Building Information Modeling* gesetzt. *Big open BIM* stärkt durch die erleichterte Interoperabilität der Projektdaten die kollaborative Zusammenarbeit der Planungs- und Bauprozesse zwischen den beteiligten Fachdisziplinen. Sowohl national als auch international wird die Einführung einer herstellerunabhängigen und fachdisziplinübergreifenden Lösung im Bauwesen angestrebt. Eine Studie

des *National Institute of Standards and Technology* von 2004 beziffert die entstandenen Mehrkosten durch fehlende Interoperabilität zwischen Softwaresystemen auf 15,8 Mrd. US-Dollar für 2002. Gut ein Drittel der verursachten Kosten fielen dabei auf die Ausführungsphase an und über die Hälfte der Kosten auf den Betrieb [1]. Das IFC-Format ermöglicht einen offenen Austausch im objektorientierten Arbeiten.

Neben dem offenen Austausch im Rahmen von *open BIM* ist zur Umsetzung von *big BIM* die Strukturierung der Informationen für eine konsistente und funktionierende Kommunikation über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes zwischen den Projektbeteiligten notwendig. Durch die digitale Wissensmodellierung nehmen die Summe an notwendigen Spezifikationen, verschiedene Informationstiefen und die Anzahl an zu berücksichtigenden Kontexten stetig zu [2].

Im Gegensatz zu physischen Plänen ist der Raum zur Ansammlung von Informationen in digitalen Gebäudemodell fast unbegrenzt. Jedoch ist die reine Menge von Informationen wertlos, wenn sie sich nicht validieren lässt, effizient kommuniziert werden kann oder eventuell nicht benötigt wird. Im Folgenden werden daher mögliche Ansätze zur Organisation semantischer Daten im Rahmen von *open BIM* besprochen.

## 2 Organisation von Informationen

### 2.1 Klassifikationssysteme

Eine Klassifikation ist eine der einfachsten Möglichkeiten ein Ordnungsprinzip für Informationen mittels einer Strukturierung zu implementieren und die Kommunikation konsistent zu gestalten. Grundsätzlich wird dabei jedes Element einer Klasse zur Gliederung zugewiesen. Die verschiedenen Klassen repräsentieren die unterschiedlichen Sachverhalte des betrachteten Sachgebietes und jedes Dokumentationselement wird genau einer Klasse zugewiesen, welche die Zuweisung zu anderen Klassen ausschließen sollte. Die Klassen werden zur Übersicht meist strukturiert oder nach Themengebieten gegliedert und durch eine Notation in Form eines Index gekennzeichnet [3].

#### 2.1.1 Hierarchische Klassifikationssysteme

Ein hierarchisches Klassifikationssystem ist die einfachste Umsetzung einer Struktur zur Klassifizierung. Eine Anordnung von Klassen in einer Baumstruktur ermöglicht die Verknüpfung verschiedener Ebenen durch die Präkombination der jeweiligen Indexierungen. Zur Anwendung ist es erforderlich, dass das genutzte Klassifikationssystem vollständig in der Lage ist, den jeweiligen Sachverhalt in seiner Gesamtheit abzubilden und jeweils einer konkreten Klasse zuzuordnen. Über die Anzahl der Klassen bestimmt sich die mögliche Genauigkeit des Systems. Der Vorteil eines monohierarchischen Klassifikationssystems ist die einfache Nutzung. Der Nachteil ist die grundsätzliche Betrachtung von nur einem einzelnen Aspekt eines Sachverhalts. Zum Ausgleich dieses Nachteils können mehrere Systeme zur Abbildung verschiedener Aspekte angelegt werden. Diese sind dann jedoch nicht inhaltlich verknüpft. Systeme mit einer hohen Genauigkeit und einer großen Varianz an Elementen

werden sehr groß und können unhandlich werden. Große Klassifikationssysteme werden heutzutage vor allem aus historisch-konservativen Gründen eingesetzt [4].

Ein Beispiel für die Verwendung eines solchen Systems in einem größeren Umfang ist das vom *Construction Specification Institute* veröffentlichte *Format for Construction Specifications*, welches seit 1978 unter dem Namen *MasterFormat* verbreitet ist. *MasterFormat* ist hierarchisch numerisch strukturiert und weist jedem klassifizierbaren Element eine sechs- bis achtstellige Ziffernkombination zu. Über die Ziffernpaare der Klassifizierung werden die entsprechenden Informationslevel zur Gliederung abgebildet [5].

### 2.1.2 Fassettenklassifikation

Ein Fassettenklassifikationssystem greift die Probleme der hierarchischen Klassifikation auf, indem es für jeden zu berücksichtigenden Aspekt eine eigene Klassifikation bereitstellt. Elemente erhalten für jeden Aspekt durch die jeweilige Klassifikation eine Teilnotation. Durch Zusammenfügen der einzelnen Teilnotationen der jeweiligen Aspekte zu einer Gesamtnotation wird eine Fassettenklassifikation erstellt. Somit können entgegen einer Einfachklassifikation wesentlich detailliertere Informationskombinationen bei einer geringeren Anzahl an Gesamtklassen abgebildet werden [4].

Eine erste internationale Verbreitung eines solchen Systems im Bauwesen fand der *Construction Index* des dänischen Kooperationsausschuss *Samarbetskommitte for Byggnadsfragor (CI/SfB)* basierend auf dem BS 1192-5 [6]. Das CI/SfB ist ein Fassettenklassifikationssystem mit fünf Klassifikationstabellen zu architektonischen Elementen, Formen, Materialien, Aktivitäten und der physischen Umwelt [7]. Auf dem SfB-System bauten auch andere national angepasste Klassifikationssysteme wie das französische SI/SfB oder das deutsche BRD/SfB auf [8].

Die Entwicklungen verschiedener Klassifikationssysteme mündeten 2001 in der ISO 12006 zur Standardisierung von Klassifikationssystemen im Bauwesen. Sie dient als Rahmenwerk zur Entwicklung vergleichbarer Klassifikationssysteme mit dem Ziel eines konsistenten Ansatzes zur Bauobjektklassifizierung. Dafür werden Hauptklassen definiert und in einem Grundprozessmodell in Beziehung gesetzt. Exemplarisch werden in der ISO 12006-2 Tabellen für die definierten Aspekte des Prozessmodells vorgeschlagen. Auf deren Grundlage wurden in Großbritannien *Uniclass* und in den USA das *Omniclass Construction Classification System* entwickelt. Damit bildet sie die Basis für zwei der aktuell populärsten und am häufigsten implementierten Klassifizierungssysteme im Rahmen von BIM. Beide Systeme umfassen innerhalb ihrer Klassifizierungstabellen alle gängigen Bereiche des Hochbaus und ausgewählte Bereiche des Infrastrukturbaus [9].

In Deutschland gibt es bisher kein etabliertes System, welches auf der ISO 12006 aufbaut. Daher muss abgewogen werden, ob die Zusammenführung von IFC und der ISO 12006 etwaige Vorteile birgt, die eine Neueinführung eines solchen Systems im deutschen Bauwesen rechtfertigt. IFC hat das Ziel, einen offenen Austausch von geometrischen und semantischen Daten von Bauwerksmodellen zwischen Anwendungssystemen zu ermöglichen, während die ISO 12006 ein Rahmenwerk zur Harmonisierung von nationalen und regionalen Klassifikationssystemen zur verbesserten Struk-

turierung von Informationen im Bauwesen schaffen soll. Beide Systeme sollen die Kommunikation und Kooperation der verschiedenen Projektteilnehmer verbessern, um Projektergebnisse zu optimieren. Ein gemeinsames Meta-Modell würde eine grundlegende Verbesserung des Informationsmanagements bedeuten und würde den entsprechenden Mehraufwand einer Einführung in den deutschen Digitalisierungsprozess rechtfertigen. Jedoch ist das Zusammenführen der ISO 12006 und des IFC-Schemas durch die grundlegenden Unterschiede in den Strukturierungen der Grundmodelle nicht möglich. Beziehungen innerhalb des Klassifikationssystems und des Grundprozessmodells können jedoch nur behelfsweise in die IFC-Struktur implementiert werden. Die flexiblere Struktur des IFC-Schemas müsste umfangreich eingeschränkt werden und mit Bedingungen verknüpft werden, um sich dem festen Modell der ISO 12006-2 anzupassen [10]. In der Praxis werden daher beide Systeme getrennt geführt und ergänzen sich durch Verweise um semantische oder geometrische Informationen.

## 2.2 Begriffskombination

Neben der Implementierung einer festen Struktur zur Organisation von Informationen bieten Verwaltungssysteme eine weitere Möglichkeit zur Beherrschung größerer Informationsmengen. Eines der wichtigsten Ordnungsprinzipien ist die Begriffskombination zur Organisation großer Dokumentationen. Dabei werden Elemente durch Deskriptoren verschiedenen Äquivalenzklassen zugeordnet, welche sich im Gegensatz zum Fassettenklassifikationssystem nicht ausschließen müssen. Die Schnittmenge der indexierten Äquivalenzklassen entspricht dann dem Inhalt des Elements. Eine einfache Version der Begriffskombination ist die Schlagwortvergabe. Durch das Zuordnen beliebig vieler Schlagwörter lässt sich durch die logische Kombination von Begriffskombinationen der Inhalt gezielt abfragen [4]. Der Nachteil der Begriffskombination ist die notwendige Kenntnis und Verwaltung über die jeweiligen Merkmale zur Schnittmengenbildung. Im Gegensatz zu den Klassifikationssystemen wird es nicht durch eine vorgegebene Struktur eingeschränkt, sondern durch die Fähigkeit des Anwenders, dieses effizient zu nutzen.

Die Begriffskombination lässt sich durch Merkmale und Merkmalsets problemlos auf das IFC-Schema zur Verwaltung semantischer Informationen anwenden. Einen Ansatz zur Verwaltung der Schnittmengen der Deskriptoren liefert der Verein Deutsche Ingenieure (VDI) in Teil 9 der Richtlinienreihe 2552. Die einzelnen Begriffskombinationen der Deskriptoren im IFC-Modell werden durch etablierte Klassifikationssysteme der jeweiligen Domänen organisiert und in eine merkmalsbasierte Klassifikation überführt. Die notwendigen Merkmale werden dabei durch die jeweiligen Klassifikationsziele bestimmt [11].

## 3 Umsetzung mithilfe von Machine Learning

### 3.1 Klassifikationssystem: DIN 276

Eine mögliche Norm zur Umsetzung einer Organisation von Deskriptoren mittels einer festen Strukturierung ist die DIN 276. Durch die Verwendung langjähriger im deutschen Bauwesen etablierter Normen, wie der DIN 276, entfällt eine zusätzliche Einarbeitung in ein weiteres Klassifikationssystem.

Dies ist im Hinblick auf die Anstrengungen der Bundesregierung, die Digitalisierung im Bauwesen zeitnah voranzutreiben, ein erheblicher Faktor. Auch lässt sich diese Art des Ordnungssystems in umgekehrter Reihenfolge zur Deklaration von Instanzierungen und deren Informationsanreicherung nutzen.

Die DIN 276 ist eine der wichtigsten technischen Regeln für die Kostenplanung im Bauwesen über die gesamte Lebensdauer eines Bauwerks. Besonders bedeutend ist diese Norm, da die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) seit 1976 auf sie Bezug nimmt [12]. Durch Verwendung in der HOAI wird sie zu einer verbindlichen Rechtsvorschrift. Durch die freie Verfügbarkeit und weit verbreitete Anwendung ist sie als anerkannte Regel der Technik zu betrachten. Sie strukturiert die wesentlichen Begriffe und Merkmale von Kosten im Bauwesen als Voraussetzung zum Vergleich verschiedener Kostenermittlungen im Verlauf eines Projekts sowie zwischen unterschiedlichen Projekten. Die DIN 276 ist ein hierarchisch numerisches Klassifikationssystem. Sowohl für Planer als auch für das Facility-Management kann die Norm zur Informationsstrukturierung von Bauteiltypen mit ihrer Möglichkeit zur Erweiterung eingesetzt werden.

### 3.2 Automatisierung der Klassifikationen

Die in der VDI 2552-9 vorgeschlagene Strukturierung von Informationen bietet sich zur Automatisierung der Informationsstrukturierung mittels Machine Learning (ML) an. ML ist ein Berechnungsmuster mit der Fähigkeit ein gegebenes Problem fallbasiert durch frühere Entscheidungen zu lösen. Über Algorithmen werden Gesetzmäßigkeiten und Muster in Daten identifiziert und Lösungsansätze entwickelt. Aus Wissen wird Erfahrung [13]. Durch die Verwendung etablierter Klassifikationssysteme können Entscheidungen auf Basis von Merkmalen anhand bestehender und bereits beendeter Projekte trainiert werden. Die Automatisierung der Klassifikation durch Algorithmen kann den zeitlichen Mehraufwand zur Organisation der Merkmale erheblich verkürzen.

Decision-Tree-Algorithmen gehören dem überwachten Lernen des ML an. Sie umfassen typische Lernalgorithmen, die vor allem zur binären Klassifikation eingesetzt werden. Dabei werden Elemente durch eine Baumstruktur mithilfe von Ästen und Verzweigungen klassifiziert. Der Endknoten eines Astes gibt dabei eine vorgegebene Klasse aus, während die Verzweigungen von Ästen für vergebene Attribute und Entscheidungen im Baum stehen sowie die zugehörigen Äste die Werte beinhalten. Bei dem Lernprozess wird die Baumstruktur selbst gebildet. Der Lernprozess erfordert, dass die Klassifikation binär lösbar ist, da an jeder Verzweigung eine positive oder negative Entscheidung getroffen wird [14].

Die Anforderungen an Merkmale von Datensätze der Decision-Tree-Algorithmen entsprechen den Rahmenbedingungen hierarchisch numerisch strukturierter Klassifikationssysteme wie der DIN 276. Durch die Begrenzung des Klassifikationsziels auf einen Gesichtspunkt, der Kostengliederung, ist die DIN 276 verhältnismäßig kompakt im Vergleich zu Systemen wie dem *MasterFormat*. Dennoch ermöglicht sie eine vollumfassende Klassifikation aller Bauelemente eines Objekts und kann bei Bedarf flexibel erweitert werden. Aufgrund der festen Einbindung in die Vergütung und Kalkulation im deutschen Bauwesen kann von einer hohen Akzeptanz ausgegangen werden. Da zum Trainieren bere-

its vorhandene Datensätze verwendet werden, ist die lange Verwendung der DIN 276 im Bauwesen von Vorteil.

Zur Aufbereitung der Trainingsdaten wird zuerst die IFC-Datei mithilfe der Open-Source-Anwendung *IfcOpenShell* [15] eingelesen und die benötigten Elemente herausgefiltert. Durch das offene Klartextformat *STEP Physical File* kann grundsätzlich jede Programmiersprache verwendet werden, die in der Lage ist, eine Textdatei auszulesen. In dieser Arbeit wird *Python* verwendet, da diese Programmiersprache vor allem in der Analyse von Datensätzen in Kombination mit der Vielzahl verfügbarer Bibliotheken eine weite Verbreitung gefunden hat. Für den Decision-Tree-Algorithmus wird die Bibliothek *scikit-learn* [16] genutzt. Die Abfrage zu klassifizierender Bauelemente kann durch die Einschränkung in Subklassen aus dem IFC-Schema, wie *IfcBuildingElements*, optimiert werden.

Für das Training des Algorithmus müssen zwei Datensätze erstellt werden, welche zum einen die klassifizierungsspezifischen Merkmale und Klassen als binäre Werte enthalten, zum anderen die zugewiesene Klassifizierung als Ergebnis. Die zugehörige Klassifikation kann aus einer *IfcClassification* oder einem *IfcPropertySet* hinterlegt und ausgelesen werden. Um den Decision-Tree-Algorithmus mit den entsprechenden Merkmalen trainieren zu können, müssen diese, sofern es sich nicht um boolesche Werte handelt, in binäre Werte umgewandelt werden. Diese Umwandlung kann mithilfe einer 1-aus-n-Codierung erfolgen. Danach kann der Algorithmus über einen *DecisionTreeClassifier* trainiert und anschließend das trainierte Modell verwendet werden. Die merkmalsbasierte Klassifikation kann durch die Verwendung eines *Random-Forest-Algorithmus* bei mehreren Modellen durch verschiedene IFC-Dateien optimiert werden.

### 3.3 Validierung der automatisierten Klassifikationen

Zur späteren Validierung der automatisierten Klassifikationen können die Ergebnisse an die Instanzen mittels eines *IfcPropertySingleValue* oder *IfcClassificationReference* in der Codierung der IFC-Datei hinterlegt und mithilfe eines IFC-Viewers visuell validiert werden. Sogenannte IFC-Viewer sind meist kleinere Programme, mit denen die geometrischen Modelle von IFC-Dateien und die zugewiesenen Merkmale der Bauelemente betrachtet werden. Im Gegensatz zu größeren CAD-Autoren-Programmen können IFC-Viewer meist keine Änderungen vornehmen und lediglich visuell nach Merkmalen filtern. Damit eignen sie sich besonders für eine visuelle Validierung von zugewiesenen Merkmalen, in diesem Fall der zugewiesenen Klassifikation. Der Vorteil einer visuellen Validierung anhand eines konkreten Modells ist die Möglichkeit, fachspezifische Akteure einzusetzen, die durch berufliche Erfahrungen schnell die semantische Korrektheit einer Klassifizierung einschätzen können, ohne dass vertiefende Kenntnisse in CAD-Programmen oder entsprechende Nutzerlizenzen benötigt werden. Anmerkungen und Korrekturen können einfach durch das *BIM Collaboration Format* kommuniziert werden. Durch die Verwendung langjähriger im deutschen Bauwesen etablierter Normen, wie der DIN 276, entfällt eine zusätzliche Einarbeitung in ein weiteres Klassifikationssystem und es kann auf vorhandene praktische Erfahrungen zurückgegriffen werden.

## 4 Fazit und Ausblick

Der Einsatz nationaler Klassifikationssysteme im Zusammenhang mit IFC als Ordnungssystem steht dem Einsatz internationaler Systeme in keiner Hinsicht nach. Vielmehr kann durch die Verwendung traditioneller Systeme auf bereits bestehende Erfahrungen und Wissensbasen zurückgegriffen werden. Mithilfe von etablierten Standards und durch Algorithmen, wie dem Decision-Tree-Algorithmus, unterstützt bietet die organisierte Begriffskombination eine schnelle und übersichtliche Organisation semantischer Informationen innerhalb von digitalen Bauwerksmodellen. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass eine fehlende (oder falsche) Klassifizierung bestehender Modelle im Nachhinein automatisiert durchgeführt werden kann, ohne auf ein kostspieliges Autoren-Programm zurückgreifen zu müssen. Diese Organisation und Strukturierung von Informationen könnte beispielsweise im Bereich der Kostenplanung genutzt werden.

Aufbauend auf dieser Arbeit sollte weiter untersucht werden, wie mit realen und größeren Datensätzen sowie Fehlern konkret umgegangen werden kann. Das Rauschen und die Qualität von Trainingsdaten sind der ausschlaggebende Faktor für die Implementierung einer Automation mittels ML. Anschließend an die vorliegende Arbeit sollten daher reelle Datensätze analysiert und besprochen werden. Dabei sollte der Fokus nach dem Paretoprinzip auf Modellinformationen gelegt werden, die in einer geringen Summe einen großen Einfluss auf das jeweilige Projekt haben. Eine Analyse der entsprechenden Beziehungen zwischen Menge, Qualität und Einfluss von Informationen in digitalen Bauwerksmodellen würde die weitere Arbeit zur Organisation solcher Informationen sinnvoll ergänzen.

## Literatur

- [1] M. Gallaher, A. O'Connor, J. Dettbarn und L. Gilday, »Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry«, in *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, 2004.
- [2] A. Borrmann, *Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und Industrielle Praxis*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2015, ISBN: 9783658056063.
- [3] E. Hunter, *Classification made simple. 2. ed.* Hampshire: Ashgate Publishing Limited, 2005, ISBN: 97807546079537.
- [4] W. Gaus, *Dokumentations- und Ordnungslehre. Theorie und Praxis des Information Retrieval*. Berlin und Heidelberg: Springer, 2005, ISBN: 9783540275183.
- [5] K. R. Miller und J. S. Newitt, »MasterFormat 2004 Impact on Construction Organizations«, 2005.
- [6] British Standards Institution, *BS 1192-5: Construction drawing practice. Guide for structuring and exchange of CAD data*. 2007.
- [7] A. Ray-Jones und D. Clegg, *Construction Indexing Manual: CI/SfB. 3. ed.* London: RIBA Publications, 1976, ISBN: 9780900630514.

- [8] K. Straub, *ISPLA Informationssystem. Planungsgrundlagen und Planungsentscheidungen mit Datenbankunterstützung durch Isplatrieve*. Frauenhofer-Informationszentrum Raum und Bau: F 1740, 1981.
- [9] BIM4INFRA, *Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“*. AP 5: Konzept für Datenbanken, <https://bim4infra.de/workshops/>, Stand: 04.07.2022.
- [10] A. Ekholm, »ISO 12006-2 and IFC - Prerequisites for coordination of standards for classification and interoperability«, 2005.
- [11] Verein Deutscher Ingenieure, *VDI 2552 Blatt 9 - Entwurf: Building Information Modeling - Klassifikationssysteme*. Aug. 2020.
- [12] HOAI, *Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen*, [https://www.gesetze-im-internet.de/hoai\\_2013/](https://www.gesetze-im-internet.de/hoai_2013/), Stand: 04.07.2022.
- [13] Microsoft, *Was ist Machine Learning? Definition und Funktionen von ML*, <https://news.microsoft.com/de-de/microsoft-erklaert-was-ist-machine-learning-definition-funktionen-von-ml/>, Stand: 04.07.2022.
- [14] T. Jo, *Machine Learning Foundations. Supervised, Unsupervised, and Advanced Learning*. Cham: Springer International Publishing, 2021, ISBN: 9783030659004.
- [15] IfcOpenShell, <http://ifcopenshell.org>, 2022.
- [16] scikit-learn, <https://scikit-learn.org>, 2022.