

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2025 年 6 月 19 日 (19.06.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/124458 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 16/33 (2025.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/138681

(22) 国际申请日: 2024 年 12 月 12 日 (12.12.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202311730705.4 2023 年 12 月 15 日 (15.12.2023) CN

(71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清
华大学专利办公室 100084 (CN)。

(72) 发明人: 林佳瑞 (LIN, Jiarui); 中国北京市海
淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室
100084 (CN)。 宋盛禹 (SONG, Shengyu); 中国
北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大学专

利办公室 100084 (CN)。 潘鹏 (PAN, Peng); 中
国北京市海淀区 100084 信箱 82 分箱清华大
学专利办公室 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京纪凯知识产权代理有限公司 (JEEKAI
& PARTNERS); 中国北京市丰台区广安路 9 号国
投财富广场 5 号楼 15A 100055 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,
IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA,
PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR SEARCHING FOR BUILDING INFORMATION MODEL, AND STORAGE
MEDIUM

(54) 发明名称: 一种建筑信息模型搜索方法、装置及存储介质

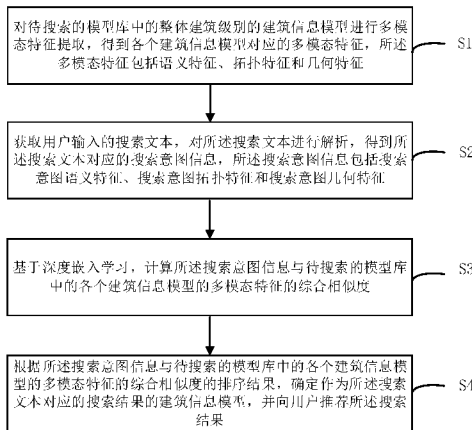


图 1

- S1 Perform multi-modal feature extraction on building information models at an overall building level in a model library to be searched, and obtain multi-modal features corresponding to various building information models, the multi-modal features comprising semantic features, topological features, and geometric features
- S2 Acquire a search text inputted by a user, parse the search text, and obtain search intention information corresponding to the search text, the search intention information comprising search intention semantic features, search intention topological features, and search intention geometric features
- S3 On the basis of deep embedding learning, calculate comprehensive similarities between the search intention information and the multi-modal features of the building information models in said model library
- S4 On the basis of a sorting result of the comprehensive similarities between the search intention information and the multi-modal features of the building information models in the model library, determine a building information model that serves as a search result corresponding to the search text, and recommend the search result to the user

(57) Abstract: The present application relates to a method for searching for a building information model. The method comprises: performing multi-modal feature extraction on building information models in a model library to be searched, and obtaining multi-modal features corresponding to various building information models, the multi-modal features comprising semantic features, topological features, and geometric features; acquiring a search text inputted by a user, parsing the search text, and obtaining search intention information corresponding to the search text, the search intention information comprising search intention semantic features, search intention topological features, and search intention geometric features; on the basis of deep embedding learning, calculating comprehensive similarities between the search intention information and the multi-modal features of the building information models in said model library; and, on the basis of a sorting result of the comprehensive similarities between the search intention information and the multi-modal features of the building information models in said model library, determining a building information model that serves as a search result corresponding to the search text, and recommending the search result to the user.

[见续页]



(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本申请涉及一种建筑信息模型搜索方法，包括：对待搜索的模型库中的建筑信息模型进行多模态特征提取，得到各个建筑信息模型对应的多模态特征，包括语义特征、拓扑特征和几何特征；获取用户输入的搜索文本，对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，所述搜索意图信息包括搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征；基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度；根据所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度的排序结果，确定作为所述搜索文本对应的搜索结果的建筑信息模型，并向用户推荐所述搜索结果。

一种建筑信息模型搜索方法、装置及存储介质

技术领域

本申请涉及建筑信息技术领域，特别是关于一种建筑信息模型搜索方法及装置。

背景技术

建筑信息模型（Building Information Modeling, BIM）技术实现了直观的设计信息三维可视化表达，为跨专业协同设计、技术交底、建设项目的全过程工程管理提供了高效的解决方案。

然而，在研究中发现，现有研究缺乏对复杂建筑 BIM 模型的高效搜索手段。即现有的 BIM 模型搜索方法只能搜索模型中的建筑构件（构件例如是墙、门、窗、梁等等），缺乏考虑整体建筑模型特征的能力（整体建筑例如是多层建筑物，包括多层、若干房间的所有构件）。

发明内容

针对上述问题，本申请的目的是提供一种建筑信息模型搜索方法及装置，能够实现整体建筑级别或多构件组合级别的建筑信息模型的搜索。

为实现上述目的，本申请采取以下技术方案：

第一方面，本申请提供一种建筑信息模型搜索方法，包括：

对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，得到各个建筑信息模型对应的多模态特征，所述多模态特征包括语义特征、拓扑特征和几何特征；

获取用户输入的搜索文本，对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，所述搜索意图信息包括搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征；

基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度；

根据所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度的排序结果，确定作为所述搜索文本对应的搜索结果的建筑信息模型，并向用户推荐所述搜索结果。

在本申请的一种实现方式中，所述对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，包括：

提取多构件组合级别的建筑信息模型中各个级别的组件的属性的语义信息，再对各个级别的组件的属性的语义信息进行汇总统计，得到多构件组合级别的建筑信息模型的属性

的语义特征。

在本申请的一种实现方式中，所述各个级别的组件，包括：建筑空间，可包含于建筑空间中的墙体，以及可包含于墙体中的门或窗。

在本申请的一种实现方式中，所述方对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，还包括：

根据各个级别的组件的属性，确定各个建筑空间之间的空间邻接关系，作为多构件组合级别的建筑信息模型的拓扑特征。

在本申请的一种实现方式中，所述空间邻接关系包括：不相邻、相邻且不相连，以及相连三种关系。

在本申请的一种实现方式中，所述对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，还包括：

提取建筑信息模型的平面轮廓信息，作为多构件组合级别的建筑信息模型的几何特征。

在本申请的一种实现方式中，所述对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，包括：

基于自然语言处理的文本分割以及正则表达式进行解析，得到搜索意图信息的搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征。

在本申请的一种实现方式中，所述基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度，包括：

根据提取的建筑信息模型的语义特征、拓扑特征和几何特征，以及搜索意图的搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征，嵌入到统一的矢量化表示中进行相似度计算。

在本申请的一种实现方式中，所述相似度计算为加权余弦相似度计算。

第二方面，本申请提供一种建筑信息模型搜索装置，包括：

特征提取模块，用于对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，得到各个建筑信息模型对应的多模态特征，所述多模态特征包括语义特征、拓扑特征和几何特征；

解析模块，用于获取用户输入的搜索文本，对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，所述搜索意图信息包括搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征；

相似度计算模块，用于基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度；

推荐模块，用于根据所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度的排序结果，确定作为所述搜索文本对应的搜索结果的建筑信息模型，并向用户可视化展示所述搜索结果。

本申请由于采取以上技术方案，其具有以下优点：（1）实现了建筑级 BIM 模型的语义-拓扑-几何多模态特征搜索；（2）实现了良好的搜索效果，准确性显著提升；（3）优化了算法运行效率，保证了搜索速度。

附图说明

- 图 1 是本申请实施例中建筑信息模型搜索方法的流程示意图；
- 图 2 是基于 IFC 的模型信息解析的语义特征抽取程序流程图；
- 图 3 是基于 IFC 的建筑 BIM 模型属性信息提取示例；
- 图 4 是房间或庭院等空间单元之间的拓扑联通关系的处理方式
- 图 5 是基于邻接关系的拓扑联通特征抽取程序流程图；
- 图 6 是基于几何轮廓数据的建筑形状特征抽取方法示意；
- 图 7 是建筑 BIM 模型每层各房间平面轮廓特征的抽取方法示意；
- 图 8 是建筑 BIM 模型平面轮廓特征的抽取算法流程；
- 图 9 是基于文本分割与正则表达式的搜索意图解析流程；
- 图 10 是基于空间邻接联通特征的 BIM 模型拓扑特征嵌入流程图；
- 图 11 是基于轮廓与平面图特征的 BIM 模型形状嵌入程序流程图；
- 图 12 是 ResNet50 平面图形状特征嵌入模型框架示意图；
- 图 13 是基于综合相似度排序的建筑 BIM 模型搜索流程。

具体实施方式

为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本申请实施例的附图，对本申请实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例是本申请的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于所描述的本申请的实施例，本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

针对现有技术亟需提供多构件组合级别（典型的，如整体建筑级别）的 BIM 模型的搜索方法的问题。本申请技术方案相应提供建筑信息模型搜索方法及装置，所述方法，包括：对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，得到各个建筑信息模型对应的多模态特征，所述多模态特征包括语义特征、拓扑特征和几何特征；获取用户输入的搜索文本，对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，所述搜索意图信息包括搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征；基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度；根据所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度的排序结果，确定作为所述搜索文本对应的搜索结果的建筑信息模型，并向用户推荐所述搜索结果。本方案，实现多构件组合级别的建筑信息模型的搜

索。

请参阅本申请实施例的更多附图，在本申请的更多详细的实施例中进一步说明本申请提供的方法。

如图 1，本申请提供一种建筑信息模型搜索方法，所述方法，包括：

S1，对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，得到各个建筑信息模型对应的多模态特征，所述多模态特征包括语义特征、拓扑特征和几何特征；

S2，获取用户输入的搜索文本，对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，所述搜索意图信息包括搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征；

S3，基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度；

S4，根据所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度的排序结果，确定作为所述搜索文本对应的搜索结果的建筑信息模型，并向用户推荐所述搜索结果。

下面在更多的详细实施例中，说明上述方法的具体原理和流程。

现有技术的模型搜索技术，只能实现单种构件的搜索，而本申请的目的是实现多构件组合的模型的搜索。多构件组合，指的是多个级别的构件进行组合。多构件组合的模型的一个典型的子集，就是整体建筑级别的建筑信息模型。在应用场景中，整体建筑，例如可以是乡村环境中的独栋别墅，其包含多层建筑空间，每层空间又可以包括若干不同类型的房间，各个房间中又包含不同的构件。建筑空间还可以包括露天的庭院等空间。为了便于说明，后续实施例，可以以整体建筑级别的模型的搜索为例来进行阐述。

本申请的方法的上述流程 S1 至 S4 实现了 2 个核心内容：其中 S1 实现了整体建筑级别 BIM 模型的多模态特征提取，而 S2 至 S4 实现了基于深度嵌入学习的 BIM 模型相似度检索。

下面分别叙述上述的 2 个核心内容。

核心内容 1：整体建筑级别（或其它多构件组合级别的）BIM 模型的多模态特征提取。多模态特征，包括语义特征、拓扑特征和几何特征。

由于现有搜索算法及相关深度学习模型无法直接处理 RVT、IFC 等建筑 BIM 模型的文件格式。因此对整体建筑级别的 BIM 模型做搜索的第一个步骤便是对 BIM 模型中存在的属性文本、拓扑、几何等信息进行信息抽取。IFC 标准是由 buildingSMART 组织制定的开源 BIM 标准，可采用各类开源解析工具对 IFC 格式的 BIM 模型进行信息抽取。本申请针对采用 Revit 软件创建，并导出为 IFC4 模型格式的建筑 BIM 模型，采用 Python 脚本进行数据解析。具体的，利用 IfcOpenShell 工具，使用“open”和“by_type”方法遍历获取模型中指定类型的组件，可从 BIM 模型中提取出建筑平面的几何形状、各房间之间的拓扑联通关系、

墙壁门窗等组件的属性信息等，从而形成 BIM 模型多类特征的自动抽取算法。

对于整体建筑级别或多构件组合级别的 BIM 模型的语义特征，提取整体建筑级别或多构件组合级别的建筑信息模型中各个级别的组件的属性的语义信息，再对各个级别的组件的属性的语义信息进行汇总统计，得到整体建筑级别或多构件组合级别的建筑信息模型的属性的语义特征，如图 2 所示。具体包括：

1) 提取建筑空间 (Space) 属性。

对描述户型每个空间信息的 IfcSpace 类进行解析，从基础的 LongName 属性中获取房间名称，从该房间关联构件的名称中获取该房间所处的具体楼层信息，从 RelatingPropertyDefinition 中查找到名为“面积”的属性即可获得面积信息，从 IfcSpace.Representation.Representations.SweptArea 中获取该房间的位置信息，从 BoundedBy 获取房间的轮廓信息，同时从 BoundedBy 的 ifcRelSpaceBoundary 属性可获取房间之间的分隔信息。

2) 提取空间中墙体的分隔属性。

对每个房间中的 IfcWall 进行提取，获取房间内的墙体名称和类型信息，同时从 IfcWall 的 RelatingPropertyDefinition 中分别查找名为“宽度”，“长度”，“无连接高度”，“底部约束”，“尺寸标注”的属性，获取该墙体的全部属性信息。

3) 提取墙体中门窗构件联通属性。

对于各个墙体，解析墙体关联的 IfcWindow 类获取全部窗户的基础信息，通过 IfcWindow 相关的 RelatingPropertyDefinition 获取窗户的全部属性信息；解析 IfcDoor 获取各扇门的基础信息，再读取 IfcDoor 的 RelatingPropertyDefinition 获取门的属性信息。

4) 必要时可提取的其他属性信息。

必要时，可通过解析 IfcSpace 内的 IfcFurniture 来解析房间内的家具电器属性信息。

5) 文本处理与汇总整理。

对属性文本进行预处理，删去无效信息，并进行同义词替换，规范文本表达，创建将上述属性语义信息存储到 roomSpaceDic, wallDic, doorDic, windowDic, furDic 等多个字典，实现相应子类到 IFC 原始文件数据的快速索引。

6) 生成属性语义特征向量。

在抽取各类属性信息后，按照规则将 BIM 模型的属性信息汇总为特定形式的 python 属性信息词典，例如“{省：北京，面积：219，造价：600000，层数：3，房间数量：10，卧室数量：4，卫生间数量：3，厨房数量：1 ……}”，进而可将单个房屋的信息按照约定参数的方法处理为特征向量，用于后续的户型查询与匹配。上述整体流程如图 3 所示。

对于整体建筑级别或多构件组合级别的 BIM 模型的拓扑特征，根据各个级别的组件的属性，确定各个建筑空间之间的空间邻接关系，作为整体建筑级别或多构件组合级别的建

筑信息模型的拓扑特征。

建筑 BIM 模型的拓扑联通特征指的是建筑中各个房间之间的相对位置关系和连接方式。本申请将房间的拓扑关系分为是否相邻以及是否相连两个类型进行处理，如图 4 所示，即任意两房间关系仅有不相邻、相邻且不相连、相连三个可能性。在 BIM 模型中除了墙体可以分隔房间以外，虚拟房间分割（Virtual Room Separator）同样可以分隔房间，本申请通过抽取 IfcSpace 的 IfcRelSpaceBoundary 中的 PhysicalOrVirtualBoundary 属性来区分房间分隔是否为物理分隔。算法流程如图 5 所示，具体步骤如下

1) 处理房间 IfcSpace 与墙体 IfcWall 的空间关系，提取相邻关系。

1.1) 抽取各房间的空间位置

通过抽取 IfcSpace 属性信息，获取各个房间的空间信息。提取 Representation.SweptArea.Position 的房间局部坐标位置和方向，同时提取轮廓点的相对坐标，可以在整个户型的全局坐标系中计算出每个房间每个轮廓点的绝对坐标位置。

1.2) 抽取房间空间轮廓中各墙体的空间位置轮廓。

通过抽取 IfcWall，获取各个房间的分隔信息。基于各个房间 IfcSpace.Boundedby 可提取出该房间轮廓上的 IfcWall 墙体，在 IfcWall 的 ObjectPlacement.RelativePlacement 中通过坐标转换的方式计算出墙体每个边界点的绝对坐标。

1.3) 房间相邻关系判定。

若两个 IfcSpace 房间含有共同的 IfcWall 边界，且存在轮廓点连线坐标重合的情况，则可以认为两个 IfcSpace 房间存在相邻关系，将相邻关系存入 adjacentDic 词典。

2) 从相邻的房间中，处理门 IfcDoor 与房间和墙体的关联关系，抽取相连信息。

2.1) 抽取门构件的从属关系以及对应的房间分隔信息。

提取所有 IfcDoor 的名称与全局编号，再从各个 IfcDoor 的 ProvidesBoundaries 中提取出对应墙壁分隔的房间信息。

2.2) 房间相连关系判定

若 IfcDoor 的 ProvidesBoundaries 中具备两个独立的 IfcSpace 房间，同时这两个房间的 RelativePlacement 中可以判定他们存在共同的 IfcWall，且该 IfcDoor 位于此 IfcWall 中，则可认为该 IfcDoor 的 ProvidesBoundaries 中连接的两个 IfcSpace 房间具备相连关系，将相连关系存入 accessDic 词典。

3) 验证联通关系，整理并存储。

在获取了相邻和相连关系词典后，可以验证所有的相连关系都满足相邻，且墙体与门的厚度应符合规定值，排除信息提取错误与建模错误的影响，最后将词典转化为 Networkx 拓扑图的形式进行储存。

进一步的，提取建筑信息模型的平面轮廓信息，作为整体建筑级别或多构件组合级别的建筑信息模型的几何特征。

具体的,与属性信息和拓扑关系不同,房屋的几何形状特征涉及二维与三维两类信息,较难直接通过直接解析 BIM 模型文件进行信息抽取和特征抽象。由于三维几何特征的复杂性,本申请侧重于分析建筑 BIM 模型的二维几何形状特征。通常,房屋(本申请的整体建筑级别的 BIM 模型的一个实例)的几何特征可以由建筑的空间布局和平面轮廓信息来确定。前者可以直接由平面图反映,而后者可以通过提取表示建筑物轮廓的坐标列表来获得。它们都包含丰富的几何信息,因此本申请在提取几何特征的任务中综合考虑了这两种类型的信息,如图 6 所示,具体步骤如下。

1) 建筑 BIM 模型线框透视平面图抽取

1.1) 建筑 BIM 模型线框平面图截取

从 Revit 软件中截取 BIM 模型的 1 层平面图作为户型整体的形状数据,通过直接采用建筑 BIM 模型的俯视视角,固定户型的坐标方位,截取线框格式的平面图,可以获得户型的平面图信息。

1.2) 建筑 BIM 模型线框平面图图像预处理

对平面图进行图像预处理,固定建筑朝向,通过缩放的方式对尺寸进行归一化存储。

2) 建筑 BIM 模型平面轮廓特征抽取

2.1) 建筑 BIM 模型房间轮廓信息抽取

对于建筑 BIM 模型中每个房间的几何轮廓信息,采用 IfcOpenShell 抽取户型每个房间的 Representation.SweptArea.Position 的局部坐标,形成房间轮廓信息列表。

2.2) 建筑 BIM 模型整体轮廓信息换算

通过每个房间的轮廓信息列表以及局部坐标系信息,反算出整体轮廓点的全局坐标,并形成建筑 BIM 模型的整体平面轮廓数据列表,构造出整体建筑的外轮廓数据,如图 7 所示。

2.3) 轮廓特征归一化存储

将整体建筑的外轮廓点坐标列表拟合为固定轮廓点数的外轮廓多边形,从而将外轮廓点信息用定长向量进行统一存储,上述整体算法流程如图 8 所示。

核心内容 2: 基于深度嵌入学习的 BIM 模型相似度检索。

从建筑 BIM 模型中提取出属性、拓扑与几何的多模态特征后,文本到 BIM 模型的搜索需要搜索文本与 BIM 模型之间的相似度计算。因此,此部分首先使用自然语言处理的文本分割与正则表达式手段来解析搜索文本,以提取自然文本中蕴含的搜索意图。其次,利用深度学习和特工程工具,将 BIM 模型的多模态特征和搜索意图分别嵌入到搜索文本中,并转化为统一的特征向量。再次,基于特征向量进行加权综合相似度计算,基于相似度排序实现 BIM 模型的智能搜索和推荐。以下分三部分介绍详细步骤。

(1) 基于文本分割与正则表达式的搜索意图解析

提取搜索意图的目的是从文本信息中获得所需 BIM 模型的语义属性、房间拓扑关系、

几何描述等信息，从而依靠这些信息查询目标模型，其流程如图 9，其具体步骤如下所示。

1) 定义建筑 BIM 模型领域词表

收集与住房和地产领域相关的描述性名词和常用表达，编译来创建用于建筑 BIM 模型搜索的领域单词列表，这有助于文本分割并定义专有名词细分的最小单位。

2) 基于 Jieba 库 GRU 神经网络模式进行领域文本分词

Jieba 为常用的 Python 语言开源中文分割应用程序包，此处基于领域词表和 Jieba 对搜索文本进行分割，利用 Jieba 的 paddlepaddle 模式，基于门控循环网络，根据领域单词表，将搜索语句分割成具有单词属性和单词顺序的分段，以便于后续的属性匹配。

3) 基于正则表达式的搜索意图解析

通过手动定义的正则表达式来提取搜索意图中的语义、拓扑和几何特征的描述，部分正则表达式的样式如表 1 所示。具体如以下步骤所示。

数据类型	正则表达式的规则样式	备注
整数与浮点数	re.findall(r'\d+\d*', pseg_cut[i].word) re.findall(r'\d+\.\d+', pseg_cut[i].word)	用于抽取面积、楼层等数据信息属性
关键字属性语义	re.findall(fr'\b(?:{"'.join(Keywords)})\b', pseg_cut[i].word)	用于抽取省份、城市、房间名称等属性的关键字
拓扑关系	re.findall(fr'\b(?:{"'.join(ConnectionWords)})\b', pseg_cut[i].word), re.findall(fr'\b(?:{"'.join(RoomName)})\b', pseg_cut[i].word)	用于抽取自然文本中的连接词，以及连接词连接的两个空间名称名词
形状描述	re.findall(fr'\b(?:{"'.join(ShapeWords)})\b', pseg_cut[i].word)	用于抽取对户型形状的简单描述

表 1

3.1) 基于正则表达式的搜索意图语义特征解析

对于所需 BIM 模型的属性和语义信息，提取搜索语句中的各种描述性子句，并根据句法结构匹配其中的名词、动词、介词等关键词，例如当出现“area”和“is”时，提取“is”后的数字作为房屋的面积进行搜索，最后将相应属性和语义汇总为词典。

3.2) 基于正则表达式的搜索意图拓扑特征解析

通过与 3.1) 类似的方法，提取房间的拓扑连通性特征，例如“客厅连厨房”可以提取代表房间名称的关键词“客厅”和“厨房”，以及表征其连通性的词“连通”，从而提取与拓扑连通性相关的语义信息，最后汇总为连通性词典与 NetworkX 网络图。

3.3) 基于正则表达式的搜索意图几何特征解析

对于形状特征，从检索文本中抽取“户型方正”，“卧室狭长”类似的模糊形状描述，生成对应轮廓特征列表，包含外接矩形长细比等参数，最后汇总为形状属性词典。

4) 搜索意图解析汇总

最后将正则表达式提取出的各类特征词典进行汇总，以便于后续搜索。

(2) 基于深度嵌入学习的多模态特征向量化表示

在提取 BIM 模型的语义、拓扑和几何特征信息以及搜索意图的语义、拓扑和几何特征后，需要将它们嵌入到统一的矢量化表示中进行相似性计算。总体上，每个属性的语义信息直接组织成一个由统一格式的文本和数据组成的向量，用于嵌入语义特征。拓扑信息以 Networkx 拓扑图的形式存储，并使用图核方法实现拓扑特征嵌入。对于几何特征的嵌入，平面图图像通过卷积神经网络进行嵌入，轮廓信息通过轮廓的特征参数进行嵌入，搜索文本中的几何形状描述也作为房屋轮廓的特征参数进行嵌入。具体方法包括：

1) 基于人工规则与 Word2Vec 神经网络结合的语义特征的嵌入

5.2.1 部分的 BIM 模型多模态特征提取方法可以提取 BIM 模型的语义属性为“{省：江苏，面积：149 平方米，成本：100000 美元，楼层数：2，卧室数：3，浴室数：2、客厅数：1，厨房数：1…}”，本部分（1）中的搜索意图提取方法也可以生成相应形式的属性字典。Word2Vec 是自然语言处理任务中常用的一类将词转化为词基向量的神经网络模型。本申请使用手动定义的转换规则并结合 Word2Vec 神经网络的方法属性字典嵌入到语义特征向量中，处理方法参照表 2，具体步骤如下所示：

属性名称	数据类型	数据示例	嵌入方式
房间名称	String	主卧、客厅等	Word2Vec 词向量
总面积	Float	100m ² 、135m ² 等	归一化后的相对值
楼层数	Integer	2 层、3 层等	归一化后的相对值
卧室数量	Integer	3 房、5 房等	归一化后的相对值
所在省份	String	北京、江苏等	加权的匹配列表
所在城市	String	南京、苏州等	加权的匹配列表
房间功能	String	厨房、盥洗室	Word2Vec 词向量

表 2

1.1) 同近义词标准化处理

具体来说，对于可能在语义词典中广泛存在的近 synonym 词，如“浴室”、“盥洗室”、“卫生”、“厕所”等，通过手动定义近 synonym 词列表并将其描述统一为同一描述性词典来进行同义词替换。

1.2) 基于人工规则的属性数据特征嵌入

对于属性中的数据信息，其可以直接通过数值差异进行详细性比较，因此嵌入相对简单。数据属性进行加权和归一化后，采用人工定义规则的方式，对不同类型数据依照其类型特征进行嵌入。

1.3) 基于 Word2Vec 的属性语义特征嵌入

对于属性中的语义信息，其文本通常为字符串属性，需要嵌入为字符串向量再通过

Word2Vec 模型进行嵌入。具体的，Word2Vec 模型是由 Gensim（一个流行的用于自然语言处理的 Python 库）包实现。在 1.1）中定义的同义词列表的基础上，构建了一个相应的文本语料库作为训练集，通过该语料库，使用训练参数“vector_size=100，window=5，min_count=1，worker=4”来训练 Word2Vec 模型。

1.4) 混合数据与语义的特征嵌入

其他类型的语义信息按照规则划分为文本信息和数据信息，分别作为字符串词向量和数据向量嵌入，然后作为特征向量进行加权和组合，相应的权重由专家手动确定。

2) 基于图神经网络的拓扑特征嵌入

此前从 BIM 模型与搜索文本中提取出的空间拓扑关系均可转化为 NetworkX 拓扑图进行存储。图核是图神经网络中一种有效的图特征嵌入的方法，因此选择了基于图核的 Deepwalk 深度随机行走方法来嵌入拓扑特征，这种方法是无监督的，具有更好的迁移性，更适合于本申请中的图数据。其程序流程如图 10 所示，具体嵌入方法如下。

2.1) 基于 Networkx 与 Grakel 将拓扑图转化为网络图

Networkx 库是图数据格式存储与共享的常用开源 python 库，Grakelze 则是图卷积中图内核机器学习任务的常用开源 python 库。此处基于 NetworkX 和 Grakel 进行实现。基于 Networkx 拓扑图的节点列表、节点属性列表和邻接矩阵，使用 Grakel.graph 方法将 Networkx 拓扑图形转换为 Grakel 图网络数据。

2.2) 基于随机游走核的网络图特征向量化

通过随机游走的形式，固定相同的 Graph Kernel，基于 Grakel.GraphKernel 方法，将 Grakel 图网络嵌入为拓扑特征向量，再进行加权归一化处理，得到衡量户型整体户型联通关系相似程度的 BIM 模型拓扑特征向量。

3) 基于轮廓视觉特征与卷积神经网络的几何形状特征嵌入

此前已经将 BIM 模型的几何形状信息分为轮廓数据信息与平面图数据信息进行处理，因此分别嵌入两类特征，起到互相补充的作用。其中从 BIM 模型中抽取的几何轮廓不仅包含总体的户型外轮廓信息，还包含户型中每一类房间在平面上的位置信息，因此可直接基于户型全部平面轮廓信息构造形状描述特征，对户型形状进行向量化。同时基于卷积神经网络，从户型平面图中提取户型形状的特征向量，从而脱离单一轮廓特征的噪声与变换的影响，对户型的整体平面布局形状进行向量化。其嵌入流程如图 11 所示，具体嵌入方法如下。

3.1) 基于轮廓视觉特征的几何轮廓特征抽取

采用 OpenCV 计算机视觉工具包，对此前提取的 BIM 模型轮廓信息进行特征抽取。通过轮廓信息计算对户型与其内部房间形状描述的指标，包括外包络矩形的长宽比、轮廓内面积与外包络矩形的面积比、户型形心坐标、各房间信息坐标等，再将数据归一化形成描述几何轮廓特征的户型形状特征描述指标，如表 3 所示。具体如下：

特征类型	指标参数	计算方法	嵌入方式
外轮廓	外轮廓拟合多边形	规定 30 点拟合得到外轮廓多边形	定长向量
	户型长宽比	外轮廓外接矩形计算长宽比	浮点数
户型形状	户型图像矩	外轮廓点计算户型质心、惯性矩等	定长向量
	户型面积比	户型外轮廓与外接矩形的面积比	浮点数
	户型拟合椭圆参数	外轮廓拟合椭圆的长短轴向量	定长向量
细分空间 形状	卧室长宽比	各卧室轮廓外接矩形平均长宽比	浮点数
	客厅长宽比	各客厅轮廓外接矩形平均长宽比	浮点数
	厨房长宽比	各厨房轮廓外接矩形平均长宽比	浮点数
	院落长宽比	各院落轮廓外接矩形平均长宽比	浮点数

表 3

3.1.1) 建筑 BIM 模型外轮廓坐标拟合嵌入

通过 cv2.approxPolyDP 拟合多边形方法，固定拟合多边形轮廓点数为 30，将户型的外轮廓拟合为 30 边形，从而将外轮廓坐标归一化，形成定长的轮廓点向量，实现外轮廓信息的嵌入。

3.1.2) 建筑 BIM 模型轮廓长宽比特征嵌入

采用 cv2.boundingRect 方法计算轮廓的外接矩形，通过外接矩形的长宽比衡量整体建筑 BIM 模型平面形状的方正程度，以浮点数的形式嵌入。

3.2.3) 建筑 BIM 模型轮廓图像矩特征嵌入

通过 cv2.moments 方法计算户型轮廓的图像矩，从而从图像矩中表征建筑 BIM 模型的质心、惯性矩、三阶矩等特征。

3.2.4) 建筑 BIM 模型你和椭圆特征嵌入

同时考虑到实际存在形状比较狭长的户型，采用拟合椭圆对其形状特征进行嵌入，通过 cv2.fitEllipse 方法得出与建筑轮廓最接近的椭圆，提取椭圆的长短轴向量特征，以定长向量的形式嵌入。

3.2.5) 建筑 BIM 模型内部细分空间形状特征嵌入

对于建筑 BIM 模型内部的房间和院落等细分空间的形状，则可通过户型中该类房间的平均外接矩形长宽比衡量其方正程度，通过 cv2.boundingRect 方法分别计算各卧室、客厅、厨房、院落的平均长宽比信息，形成四类细分空间的长宽比特征，以浮点数的形式嵌入。

3.2) 基于卷积神经网络的平面图数据信息嵌入

对于建筑 BIM 模型平面图的特征抽取，本申请引入了基于卷积神经网络的特征工程技术，用预训练的 ResNet50 模型来抽取平面整体的几何特征，具体如下。

3.2.1) 卷积神经网络结构选型

在卷积神经网络模型的选择与构建上，选用 ResNet50 神经网络，调整神经网络的输入输出层结构，将输入统一为 224×224 格式的三通道图片，输出统一为 2048 维度的图片形状特征向量，其神经网络结构如图 12 所示。

3.2.2) 基于预训练模型的平面图数据嵌入

选用广泛运用的 ImageNet 对 ResNet50 网络结构进行预训练，基于 ImageNet 数据集预训练好的 CheckPoint 权重生成模型，运行并提取全连接层数据，即可输出平面图的 2048 维度的图片形状特征向量。

3.3) 建筑 BIM 模型轮廓与平面图特征嵌入集成

将上述平面图特征向量与通过建筑 BIM 模型轮廓特征指标进行加权结合，即形成了综合户型轮廓与平面图形状特征两类数据的形状特征向量。两类特征嵌入的权重通过专家人工确定，并根据效果进行人工 3 轮调整。

(3) 基于综合相似度排序的建筑 BIM 模型搜索

此前已实现了 BIM 模型语义、拓扑‘几何多模态特征和搜索意图信息的统一矢量化嵌入方法。为了进行从文本到 BIM 模型的搜索，本小节根据 BIM 模型的特征向量和搜索意图进行综合相似度计算，并通过加权余弦相似度排序实现对 BIM 模型的检索，其总体流程如图 13 所示，具体方法如下。

3.1) 各相似性评估指标的确定

通过特征向量的加权余弦相似度，可以很容易地比较 BIM 模型与模型、文本与 BIM 模型之间的相似度，然后通过相似度排序实现 BIM 模型的智能检索。然而，特征向量的元素具有不同的组成、大小和含义，因此有必要使用适当的相似性评估指标来计算向量的不同元素的相似性，几类典型相似性指标处理方法可参照表 4 所示，具体如下：

特征类别	元素类别	数据格式	元素特点描述	相似性指标
语义特征	类别属性	String	城市、省份等	字符匹配率
	描述属性	词向量	名称、房间功能等	向量余弦相似度
	浮点定量属性	Float	100m ² 、135m ² 等	相对差值
	整数定量属性	Integer	2 层、3 层等	相对差值
拓扑特征	拓扑特征向量	定长向量	拓扑图的特征向量	向量余弦相似度
几何特征	轮廓点坐标	坐标向量	轮廓拟合的坐标列表	轮廓 Hu 矩相似度
	形状图像矩	定长向量	户型形状的图像矩	向量余弦相似度
	拟合形状参数	定长向量	拟合椭圆的长短轴等	向量余弦相似度
	浮点定量指标	Float	如长宽比、面积比等	相对差值

表 4

3.1.1) 字符串元素的相似性指标

对于字符串元素，例如位置、房间的名称等，字符匹配率被用作相似性的度量；对于

浮点和整数量化元素，如卧室面积和数量，使用相对差异来衡量相似性。

3.1.2) 子向量元素的相似性指标

对于具有特定意义的子向量元素，如拓扑图的词向量和拟合矩形特征、形状的像矩等，还通过取子向量的余弦相似度来度量相似性。

3.1.3) 坐标列表元素的相似性指标

数据列表对于形状特征中的拟合外轮廓坐标列表，引入 OpenCV 的 `cv2.matchShapes` 方法，通过轮廓的 Hu 矩的相对差异来比较轮廓的相似性。

3.2) 各详细性指标集成权重的确定

除了相似性指标，计算综合相似性的另一个主要重点是确定每类特征的权重。考虑到搜索数据集的大小，本研究使用专家手动反馈调节来建立权重，具体如下。

3.2.1) 确定初始权重

初始权重首先由专家手动确定，然后根据综合相似度按降序排序，形成 BIM 模型搜索结果列表。

3.2.2) 基于人工反馈的权重调整

综合相似度的权重通过专家手动评估搜索结果的方式进行反馈调整。经过 10 轮以上的人工比对调整，综合相似度结果满足相应专家评价。

3.2.3) 得出最终权重并形成相似度排序算法

语义特征权重值的百分比约为 88%，拓扑特征权重为 5%，几何特征权重为 7%。通过加权特征向量余弦相似度排序，形成相应的 BIM 图库搜索排序算法，具有计算速度快的优点，可以通过调整权重来优化搜索效果。

综上，本申请的方法，实现了如下的效果：

(1) 实现了整体建筑级别或多构件组合级别 BIM 模型的语义-拓扑-几何多模态特征搜索，支持搜索的模型规模大，搜索范围广。基于 IfcOpenShell 实现了整体建筑 BIM 模型的语义特征、拓扑联通特征与形状特征的抽取与深度嵌入，首次将 BIM 模型搜索算法适用的模型规模拓展到了整体建筑级别，同时首次实现了文本到建筑 BIM 模型语义-拓扑-几何三类特征的相似性搜索。

(2) 保证 (1) 的前提下，实现了良好的搜索效果，准确性显著提升。引入深度嵌入式学习，嵌入“语义-拓扑-几何”多模态特征开发了基于综合相似度的建筑级 BIM 图集智能检索算法。相应智能搜索方法在典型工程项目中已得到良好的应用验证。就搜索准确性与搜索排序效果而言，在测试集中算法的 `mNDCG1` 和 `mNDCG5` 指标均达到 90% 左右，实现了与专家人工检索几乎相同的检索质量和检索效果，相比传统仅考虑语义的检索算法搜索效果显著提升了 6.5% 以上，让好的图集不仅找得到，更找得准、找得全、找得好。

(3) 保证 (1) 和 (2) 的搜索质量前提下，优化了算法运行效率，保证了搜索速度。在测试集中，在保证检索效果的前提下，三名专家检索 50 个搜索语句的平均用时为 1740

秒，而本申请可实现与专家检索类似的检索质量，同时算法可以在普通民用笔记本上流畅运行，同时算法仅用时为 2.23 秒（硬件环境为 M1 Pro，16GB 内存），检索效率相对人工检索有着数百倍的效率提升，总耗时缩短近 3 个数量级。因此，在保证检索质量的应用环境下，本申请可显著减少人工劳动，使专家与设计者可以更专注于难度更高的人工工作。

本申请另一方面提供一种建筑信息模型搜索装置，包括：

特征提取模块，用于对待搜索的模型库中的整体建筑级别或多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，得到各个建筑信息模型对应的多模态特征，所述多模态特征包括语义特征、拓扑特征和几何特征；

解析模块，用于获取用户输入的搜索文本，对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，所述搜索意图信息包括搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征；

相似度计算模块，用于基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度；

推荐模块，用于根据所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度的排序结果，确定作为所述搜索文本对应的搜索结果的建筑信息模型，并向用户推荐所述搜索结果。

本申请实施例还提供了一种计算机可读存储介质，存储介质包括存储的程序，其中，在程序运行时控制存储介质所在设备执行上述的方法。其具体的实现过程，在此不再重复赘述。

本申请实施例还提供一种计算机设备。该实施例的计算机设备包括：处理器、存储器以及存储在存储器中并可在处理器上运行的计算机程序，处理器执行计算机程序时实现实施例中的前述方法，为避免重复，此处不一一赘述。或者，该计算机程序被处理器执行时实现实施例中装置中各模型中/单元的功能，为避免重复，此处不一一赘述。

计算机设备可以是桌上型计算机、笔记本、掌上电脑、服务器及云端服务器等计算设备。计算机设备可包括，但不仅限于，处理器、存储器。本领域技术人员可以理解，可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件，例如计算机设备还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

所称处理器可以是中央处理单元(Central Processing Unit, CPU)，还可以是其他通用处理器、数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP)、专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, ASIC)、现场可编程门阵列 (Field-Programmable Gate Array, FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

存储器可以是计算机设备的内部存储单元，例如计算机设备的硬盘或内存。存储器也可以是计算机设备的外部存储设备，例如计算机设备上配备的插接式硬盘，智能存储卡

(Smart Media Card, SMC), 安全数字 (Secure Digital, SD) 卡, 闪存卡 (Flash Card) 等。进一步地, 存储器还可以既包括计算机设备的内部存储单元也包括外部存储设备。存储器用于存储计算机程序以及计算机设备所需的其他程序和数据。存储器还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到, 为描述的方便和简洁, 上述描述的系统, 装置和单元的具体工作过程, 可以参考前述方法实施例中的对应过程, 在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中, 应该理解到, 所揭露的系统, 装置和方法, 可以通过其它的方式实现。例如, 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的, 例如, 上述单元的划分, 仅仅为一种逻辑功能划分, 实际实现时可以有另外的划分方式, 例如, 多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统, 或一些特征可以忽略, 或不执行。另一点, 所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口, 装置或单元的间接耦合或通信连接, 可以是电性, 机械或其它的形式。

上述以软件功能单元的形式实现的集成的单元, 可以存储在一个计算机可读取存储介质中。上述软件功能单元存储在一个存储介质中, 包括若干指令用以使得一台计算机装置 (可以是个人计算机, 服务器, 或者网络装置等) 或处理器 (Processor) 执行本申请各个实施例上述方法的部分步骤。而前述的存储介质包括: U 盘、移动硬盘、只读存储器 (Read-Only Memory, ROM)、随机存取存储器 (Random Access Memory, RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述仅为本申请的较佳实施例而已, 并不用以限制本申请, 凡在本申请的精神和原则之内, 所做的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本申请保护的范围之内。

权利要求书

1、一种建筑信息模型搜索方法，其特征在于，所述方法，包括：

对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，得到各个建筑信息模型对应的多模态特征，所述多模态特征包括语义特征、拓扑特征和几何特征；

获取用户输入的搜索文本，对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，所述搜索意图信息包括搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征；

基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度；

根据所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度的排序结果，确定作为所述搜索文本对应的搜索结果的建筑信息模型，并向用户推荐所述搜索结果。

2、根据权利要求 1 所述的建筑信息模型搜索方法，其特征在于，所述对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，包括：

提取多构件组合级别的建筑信息模型中各个级别的组件的属性的语义信息，再对各个级别的组件的属性的语义信息进行汇总统计，得到多构件组合级别的建筑信息模型的属性的语义特征。

3、根据权利要求 2 所述的建筑信息模型搜索方法，其特征在于，所述各个级别的组件，包括：建筑空间，可包含于建筑空间中的墙体，以及可包含于墙体中的门或窗等。

4、根据权利要求 3 所述的建筑信息模型搜索方法，其特征在于，所述方法对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，还包括：

根据各个级别的组件的属性，确定各个建筑空间之间的空间邻接关系，作为多构件组合级别的建筑信息模型的拓扑特征。

5、根据权利要求 4 所述的建筑信息模型搜索方法，其特征在于，所述空间邻接关系包括：不相邻、相邻且不相连，以及相连三种关系。

6、根据权利要求 2 所述的建筑信息模型搜索方法，其特征在于，所述对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，还包括：

提取建筑信息模型的平面轮廓信息，作为多构件组合级别的建筑信息模型的几何特征。

7、根据权利要求 1 所述的建筑信息模型搜索方法，其特征在于，所述对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，包括：

基于自然语言处理的文本分割以及正则表达式进行解析，得到搜索意图信息的搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征。

8、根据权利要求 7 所述的建筑信息模型搜索方法，其特征在于，所述基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度，

根据提取的建筑信息模型的语义特征、拓扑特征和几何特征，以及搜索意图的搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征，嵌入到统一的矢量化表示中进行相似度计算。

9、根据权利要求 8 所述的建筑信息模型搜索方法，其特征在于，所述相似度计算为加权余弦相似度计算。

10、一种建筑信息模型搜索装置，其特征在于，包括：

特征提取模块，用于对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，得到各个建筑信息模型对应的多模态特征，所述多模态特征包括语义特征、拓扑特征和几何特征；

解析模块，用于获取用户输入的搜索文本，对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，所述搜索意图信息包括搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征；

相似度计算模块，用于基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度；

推荐模块，用于根据所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度的排序结果，确定作为所述搜索文本对应的搜索结果的建筑信息模型，并向用户可视化展示所述搜索结果。

11、一种计算机可读存储介质，其特征在于，存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行，控制所述处理器所在设备实现如下的建筑信息模型搜索方法：

对待搜索的模型库中的多构件组合级别的建筑信息模型进行多模态特征提取，得到各个建筑信息模型对应的多模态特征，所述多模态特征包括语义特征、拓扑特征和几何特征；

获取用户输入的搜索文本，对所述搜索文本进行解析，得到所述搜索文本对应的搜索意图信息，所述搜索意图信息包括搜索意图语义特征、搜索意图拓扑特征和搜索意图几何特征；

基于深度嵌入学习，计算所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度；

根据所述搜索意图信息与待搜索的模型库中的各个建筑信息模型的多模态特征的综合相似度的排序结果，确定作为所述搜索文本对应的搜索结果的建筑信息模型，并向用户推荐所述搜索结果。

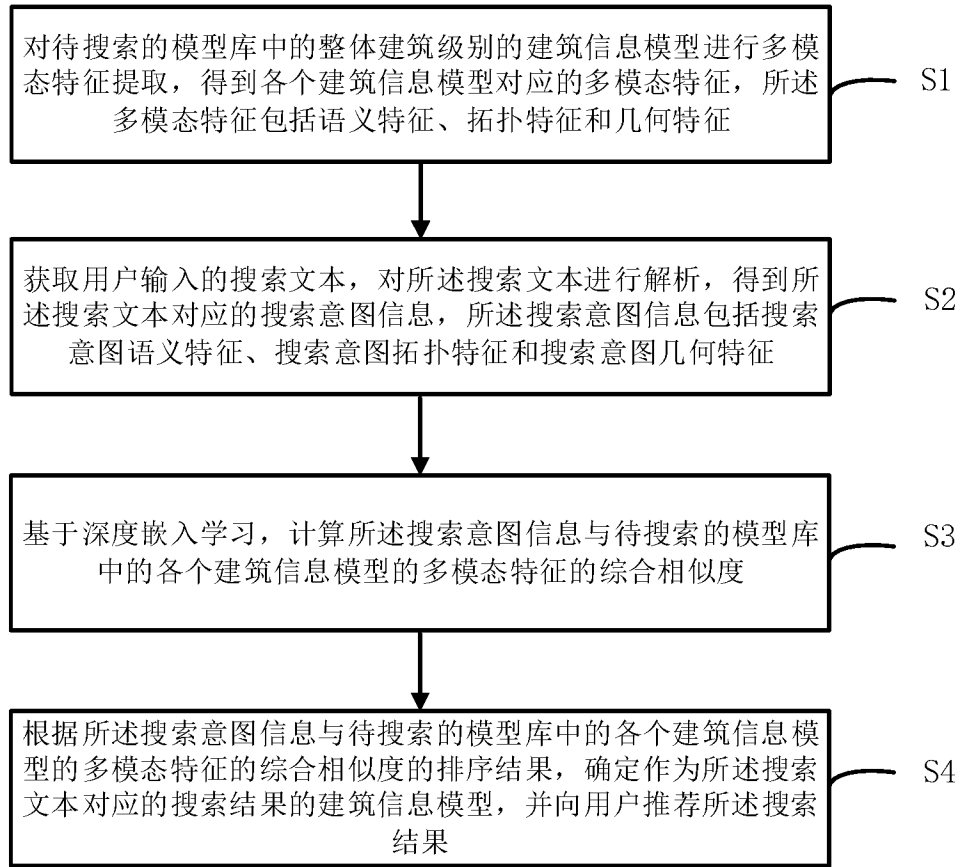


图 1

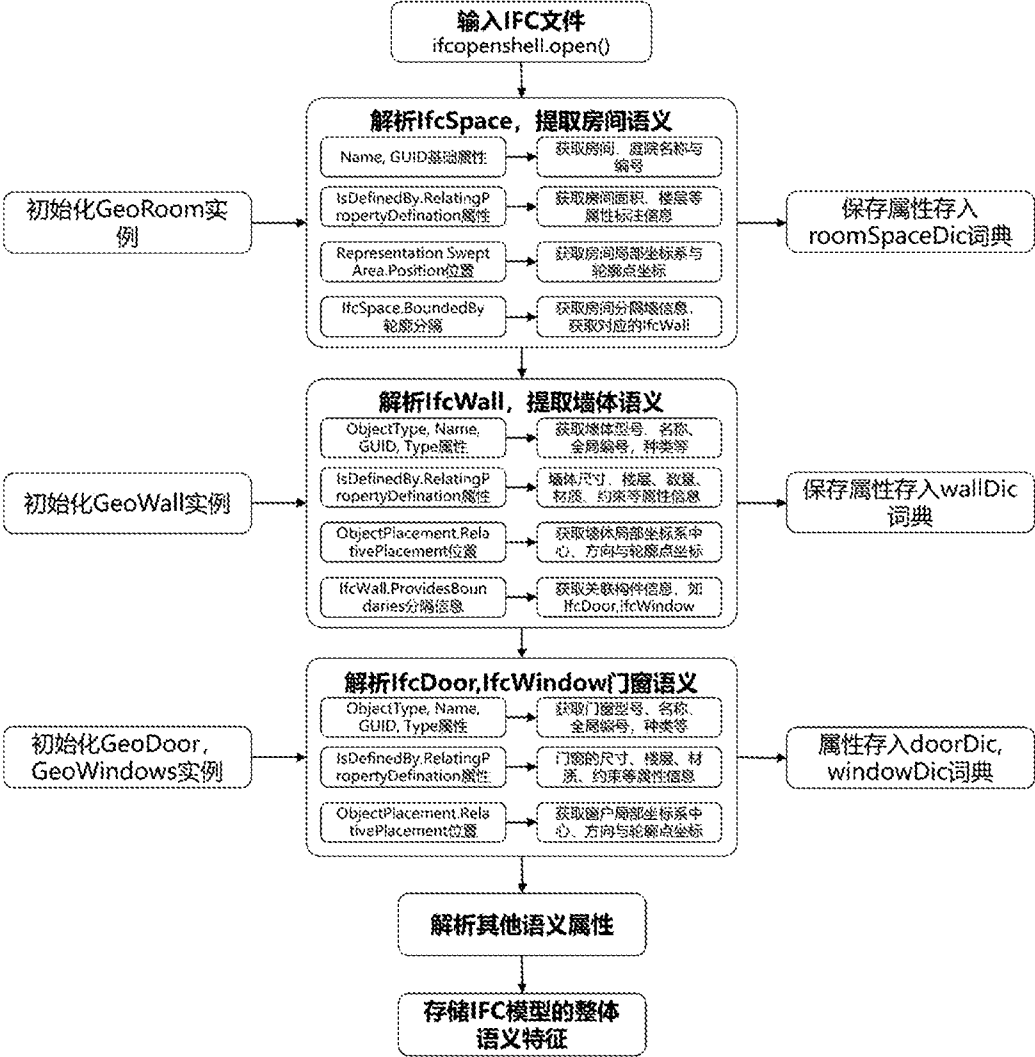


图 2

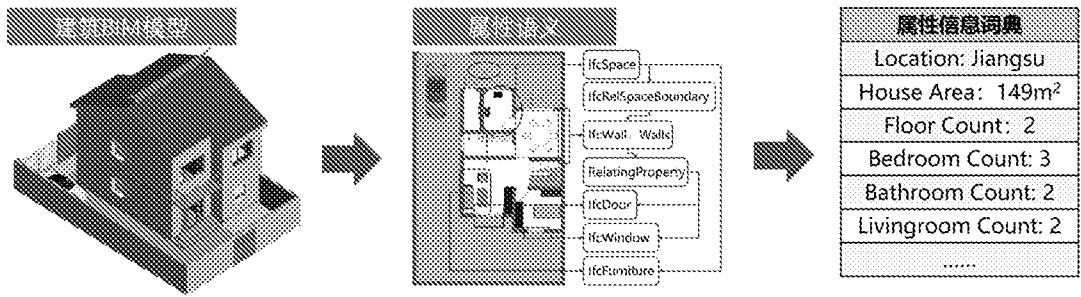


图 3

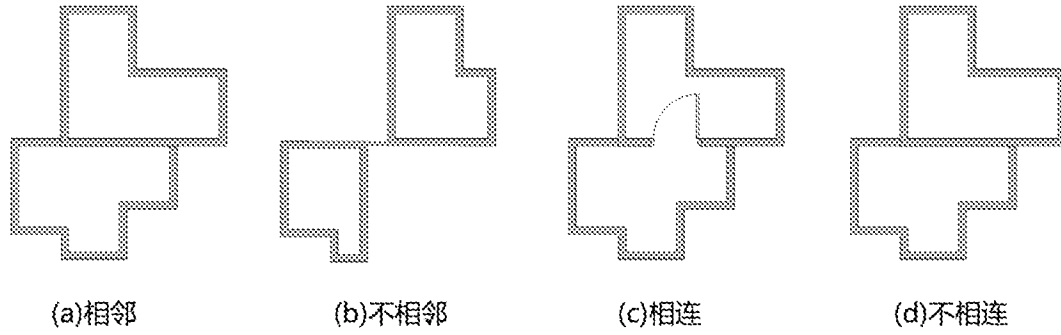


图 4

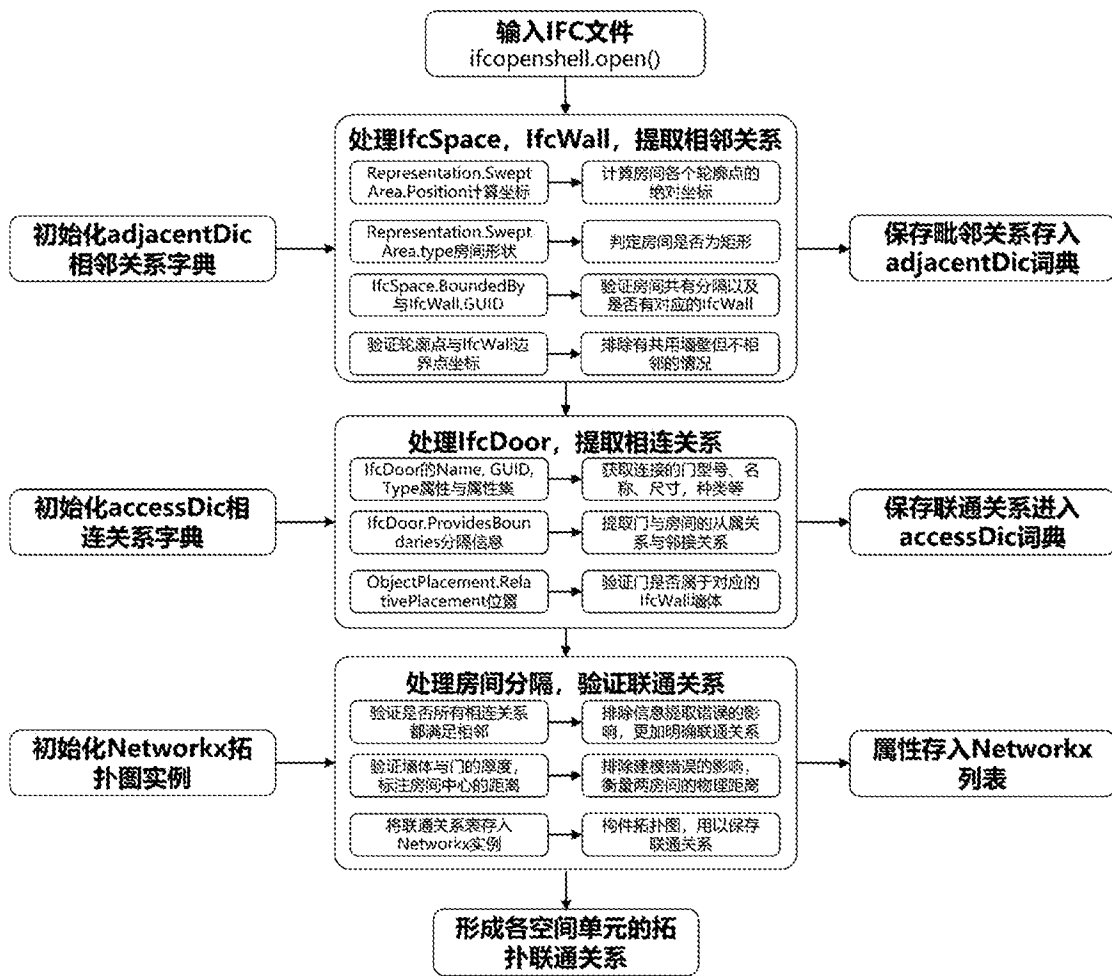


图 5

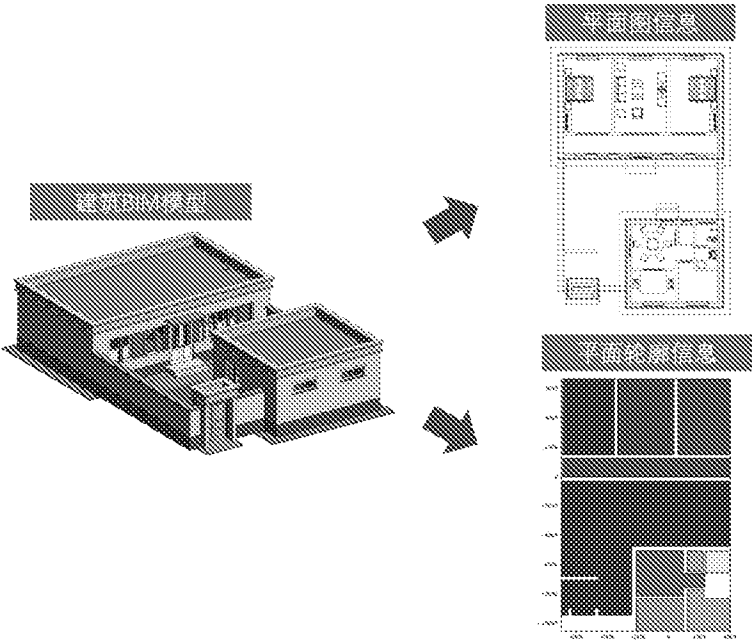
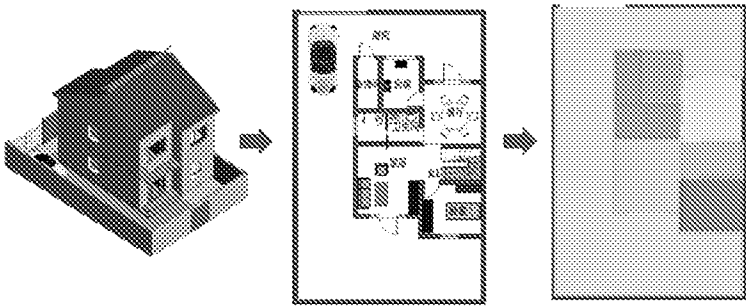


图 6



(a) IFC 乡村住宅模型 (a) 每层的构件属性 (c) 户型平面轮廓特征

图 7

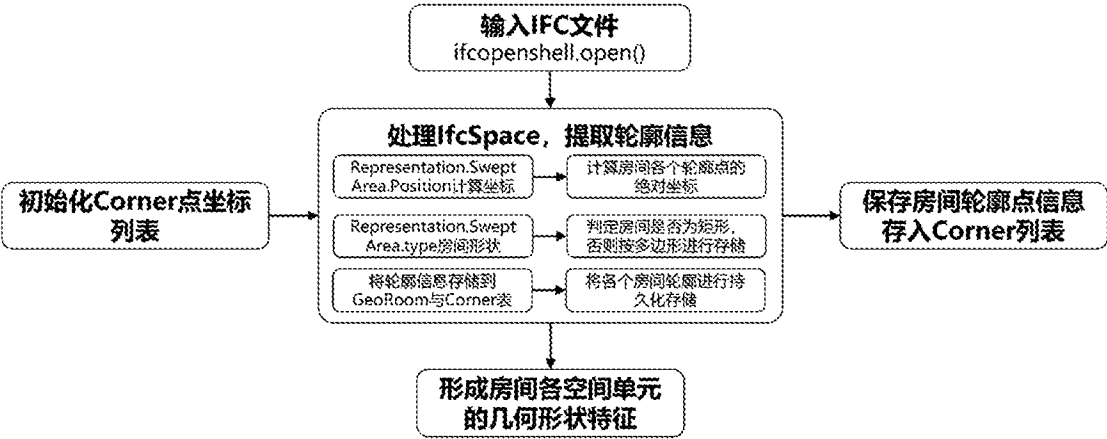


图 8

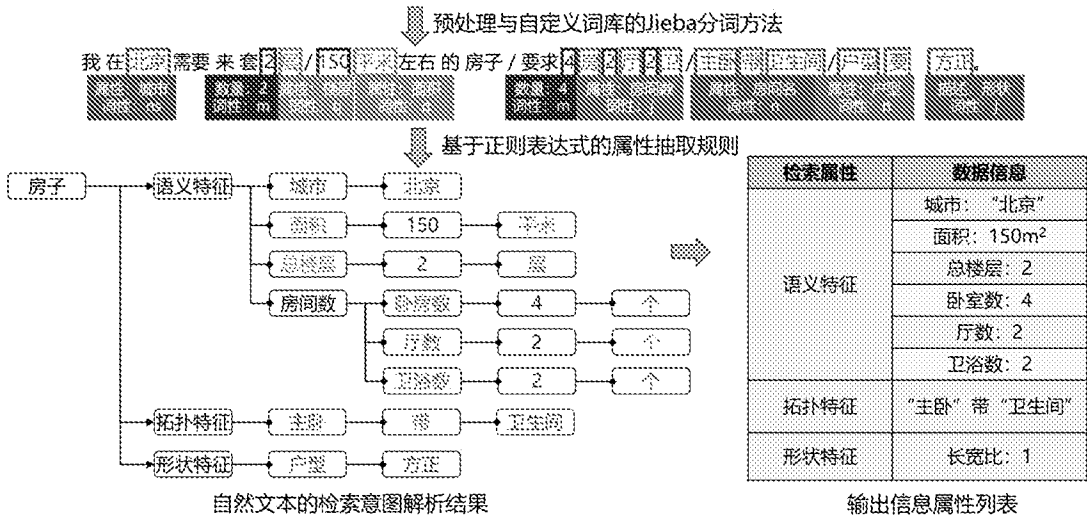


图 9

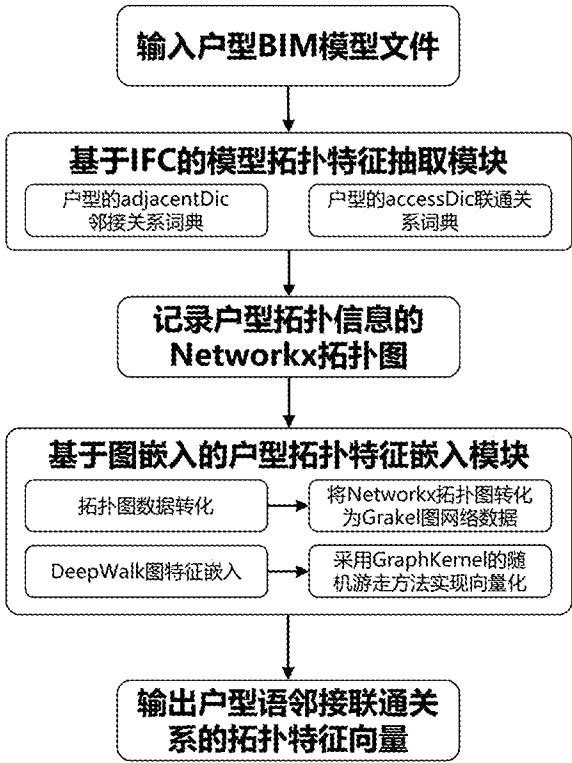


图 10

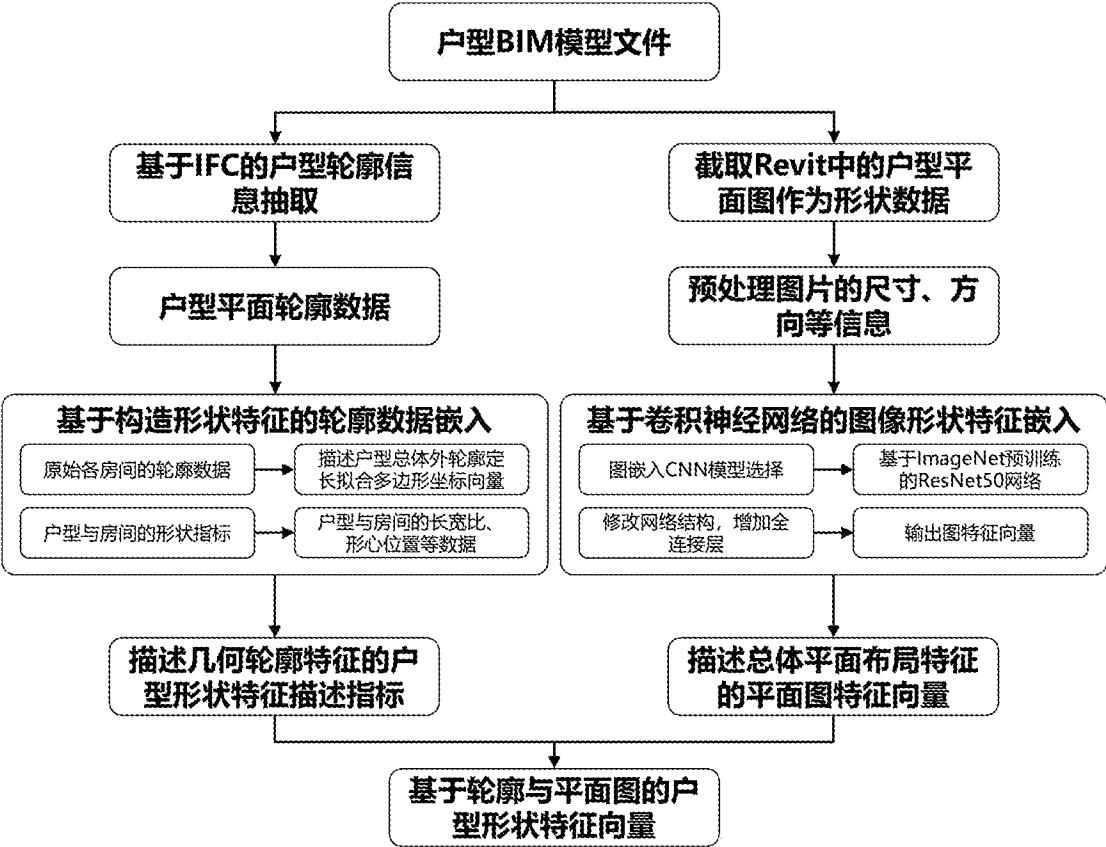


图 11

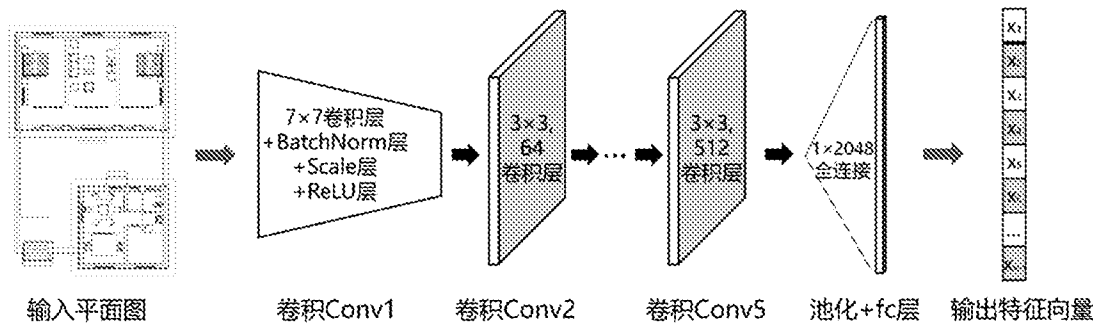


图 12

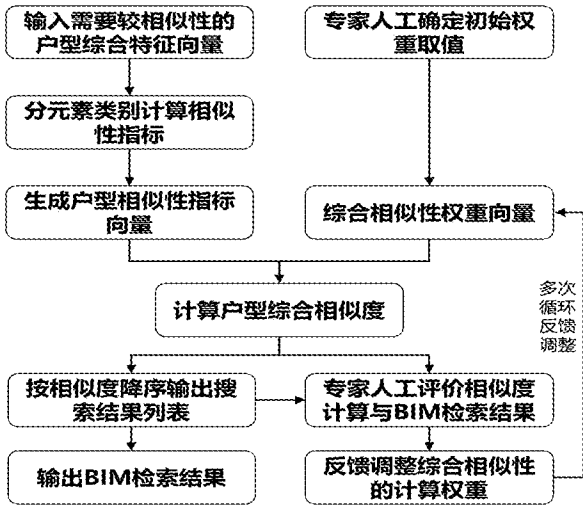


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/138681

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06F16/33(2025.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: G06F Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, CNKI, IEEE: 查询, 查找, 多, 多个构件, 多构件, 多模态, 构件, 构件的组合, 构件组合, 检索, 建筑, 模型, 搜索, 搜寻, 组合, inquire, seek, more, multiple component, multimoding, component, combination, searching, architecture, model, search		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 117786044 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 29 March 2024 (2024-03-29) claims 1-10, and description, paragraph [0198]	1-11
A	CN 110968713 A (BOS WINNER (BEIJING) TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 07 April 2020 (2020-04-07) claims 1-10, and description, paragraphs [0052]-[0141]	1-11
A	CN 116451317 A (BEIJING GOULI TECHNOLOGY CO., LTD.) 18 July 2023 (2023-07-18) entire document	1-11
A	CN 116304225 A (LIANYANG GUORONG (SHANGHAI) TECHNOLOGY CO., LTD.) 23 June 2023 (2023-06-23) entire document	1-11
A	US 2011218777 A1 (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.) 08 September 2011 (2011-09-08) entire document	1-11
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 03 March 2025		Date of mailing of the international search report 07 March 2025
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/138681

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	117786044	A	29 March 2024	None	
CN	110968713	A	07 April 2020	None	
CN	116451317	A	18 July 2023	None	
CN	116304225	A	23 June 2023	None	
US	2011218777	A1	08 September 2011	None	

A. 主题的分类

G06F16/33(2025.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, CNKI, IEEE: 查询, 查找, 多, 多个构件,多构件, 多模态, 构件, 构件的组合, 构件组合, 检索, 建筑, 模型, 搜索, 搜寻, 组合, inquire, seek, more, multiple component, multimoding, component, combination, searching, architecture, model, search

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 117786044 A (清华大学) 2024年3月29日 (2024 - 03 - 29) 权利要求1-10, 说明书第[0198]段	1-11
A	CN 110968713 A (盈嘉互联(北京)科技有限公司 等) 2020年4月7日 (2020 - 04 - 07) 权利要求1-10, 说明书第[0052]-[0141]段	1-11
A	CN 116451317 A (北京构力科技有限公司) 2023年7月18日 (2023 - 07 - 18) 全文	1-11
A	CN 116304225 A (联洋国融(上海)科技有限公司) 2023年6月23日 (2023 - 06 - 23) 全文	1-11
A	US 2011218777 A1 (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.) 2011年9月8日 (2011 - 09 - 08) 全文	1-11

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2025年3月3日

国际检索报告邮寄日期

2025年3月7日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

张曼

电话号码 (+86) 010-53961309

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/138681

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	117786044	A	2024年3月29日	无	
CN	110968713	A	2020年4月7日	无	
CN	116451317	A	2023年7月18日	无	
CN	116304225	A	2023年6月23日	无	
US	2011218777	A1	2011年9月8日	无	