



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114676299 A

(43) 申请公布日 2022. 06. 28

(21) 申请号 202111262676.4

(22) 申请日 2021.10.28

(71) 申请人 北京八亿时空信息工程有限公司
地址 100081 北京市朝阳区海淀区
申请人 中国园林博物馆北京筹备办公室

(72) 发明人 王亚弟 常福银 谢帅 刘威
吕洁 冯玉兰 刘冰 孟映然

(51) Int. Cl.

- G06F 16/904 (2019.01)
- G06F 16/906 (2019.01)
- G06F 16/36 (2019.01)
- G06F 30/13 (2020.01)
- G06T 17/10 (2006.01)

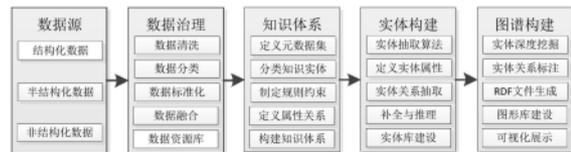
权利要求书2页 说明书15页 附图9页

(54) 发明名称

一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法及系统,包括以下步骤:步骤一:古典园林知识体系构建,包括:获取构建古典园林知识体系所需的数据,并根据古典园林构成的要素对所获取的数据进行处理以形成数据资源目录;步骤二:基于步骤一所构建的古典园林知识体系建设古典园林知识图谱;本发明通过古典园林知识数据分类、知识体系构建、古典园林三维建模和3D可视化展示系统等,解决古典园林知识图谱所关联的3D场景和模型的多维展示,提供了知识图谱可视化展示的新途径和新方法,本发明通过将古典园林知识图谱的知识实体以3D形式展示,使得社会公众能够更直接、更形象和更逼真的学习了解古典园林的历史、文化和艺术。



1. 一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤一:古典园林知识体系构建,包括:获取构建古典园林知识体系所需的数据,并根据古典园林构成的要素对所获取的数据进行处理以形成数据资源目录;

步骤二:基于步骤一所构建的古典园林知识体系建设古典园林知识图谱,其构建过程包括:数据治理、知识体系建设、知识实体建设、知识图谱构建;

步骤三:进行古典园林三维建模,包括:数据收集与整理、数据分析与识别、模型元素库与图元数据生成、三维模型产品生产;

步骤四:利用3D可视化展示系统对古典园林知识图谱进行展示。

2. 根据权利要求1所述的一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法,其特征在于:所述古典园林知识体系采用三维结构框架模型,包括X层面、Y层面与Z层面。

3. 根据权利要求2所述的一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法,其特征在于:所述X层面为知识分类结构,主要包括:古典园林、园林要素、园林历史、园林文化、园林艺术、空间信息和相关知识;

Y层面为园林知识内容元属性结构,古典园林主要包括:皇家园林、私家园林、寺观园林和其他园林;园林要素为掇山、理水、置石、建筑、植物和陈设;园林历史主要包括:历史沿革、历史遗址和历史人物;园林文化主要包括:匾额楹联、诗词歌赋和典故传说等;园林艺术主要包括:园林意境、园林造景和园林雕塑;空间信息主要包括:地理信息、空间布局和园林周边;

Z层面为知识体系的知识属性、知识间关系、关联规则、约束条件和可视化展示及应用。

4. 根据权利要求1所述的一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法,其特征在于:步骤一中,对所获取的数据进行处理以形成数据资源目录的步骤为:将获取的不同来源的各类数据,按照统一的数据标准进行清洗,检验数据质量,按照古典园林知识图谱构建的数据分类,定义描述数据元属性,分析制定数据之间的关联规则和关联关系,形成数据资源目录。

5. 根据权利要求4所述的一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法,其特征在于:步骤一中,古典园林知识体系构建,还包括:

定义元数据集:定义古典园林知识体系元数据规范;

制定分类体系:基于古典园林元数据集,制定古典园林数据分类体系;

分类知识实体:基于古典园林数据分类体系,分类古典园林的知识实体;

制定规则与约束:古典园林知识体系的知识关联规则和关系;

定义属性及关系:古典园林的知识元属性依据数据分类定义。

6. 根据权利要求1所述的一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法,其特征在于:步骤三中:

数据收集与整理:收集与整理采集的建筑CAD图、测量数据、照片、无人机倾斜摄影数据和全景采集数据,按类型进行分类整理,建立采集数据库;

数据分析与识别:通过整理好几何数据、纹理数据、属性数据,基于项目应用进行技术与识别,获得目标模型的详细参考数据;

模型元素库与图元数据生成:生成基本模型数据作为三维模型元素库,对应的现场拍照,精细化处理作为纹理素材数据,以应用分析为主导生成场景、物品的图元信息作为互动依据;

三维模型产品生产:三维模型生产过程按照标准化流水线生产模式划分为工程设计,数据采集,制造,导入合成,发布应用五个具体实施阶段,依据各阶段的操作,完成大规模三维模型及相关产品的生产。

7.一种古典园林知识图谱3D可视化展示系统,用于权利要求1-6中任一所述的一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法,其特征在于:包括数据资源层、应用支撑层、应用支撑层和服务终端层,其中,

数据资源层:用于对所有数据资源的存储、整合和管理;。

应用支撑层:用于对各类资源通过业务模型、引擎进行统一的组织管理;

应用服务层:以时间地图、虚拟导览和知识图谱方式,展示古典园林、园林历史、园林文化、园林艺术和园林要素内容;

服务终端层:包括普通PC、手机、LED大屏、全息投影、以及VR/AR可穿戴设备。

8.根据权利要求7所述的一种古典园林知识图谱3D可视化展示系统,其特征在于:数据资源层所存储、整合、管理的数据包括古典园林知识图谱及相关数据内容、知识索引库、各类文字资源、图片资源、视频资源和三维模型资源。

一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种古典园林知识图谱的展示方法及系统,具体是一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法及系统。

背景技术

[0002] 知识图谱本质上是基于图方法的知识工程方法。所谓的知识图谱,是由实体和关系所构成的异质有向图,是表征实体间语义关联的语义网络。在这个表示方法中,节点代表实体,边代表不同类型的关系(异质),两个节点之间有边相连表明它们之间存在相应关系。延续语义网的表示方法,知识图谱使用三元组(triple/triplet)表示事实(fact),是最基本的知识存储方式,将事实表现为(主语,谓词,宾语/实体,关系,实体)形式。使用模式(schema)来表示除三元组以外的高级知识形式。知识图谱之所以如此受重视,是因为当今世界已经进入语义大数据时代,随着数据规模越来越大,人们对数据进行认知和理解的需求越来越大,迫切需要找到一种切实可行的数据组织方式,以更有效地提升人类从数据中获取知识的能力。

[0003] 目前,知识图谱的可视化技术主要是以力导引布局的方法可以产生相当优美的网络布局,并充分展现网络的整体结构及其自同构特征。该方法最早由Eades在1984年提出,其基本思想是将网络看成一个顶点为钢环,边为弹簧的物理系统,系统被赋予某个初始状态以后,弹簧弹力(引力和斥力)的作用会导致钢环移动,这种运动直到系统总能量减少到最小值停止。Kamada和Kawai改进了Eades的弹簧模型,提出KK算法。

[0004] 常见的力导引布局的工程实现的基本结构主要由层次结构设计、节点和连线生成、html页面数据导入生成和力导引布局节点优化等四部分实现,案例如图1所示。

[0005] 天津大学张加万等人发表的《文物知识图谱的构建与应用》中国计算机学会通讯第15卷第9期。知识图谱可视化利用数据可视化和可视分析方法实现知识图谱可视化。可视化设计能够将复杂的知识网络空间具现化,同时基于可视化设计提供一定的交互能力来帮助用户对知识图谱进行认知、检索或分析,最终能够为用户提供一种直观视觉感知的方法来了解知识图谱的结构和内容。知识图谱可视化界面示例如图2所示。

[0006] 陆军工程大学石家庄校区车金立等人发表的《基于百科知识的军事装备知识图谱构建与应用》兵器装备工程学报第40卷第1期。本文将采用Neo4j图形数据库对军事装备知识图谱进行储存,并对其进行可视化,使军事装备领域知识具有更强的可读性,方便使用者快速获取及理解军事装备领域知识及知识结构,图示是军事装备知识图谱的部分实例。图示中不同颜色的节点代表不同类型的实体,节点之间的边描述了实体间具有的关系。知识图谱可视化示例如图3所示。

[0007] 福州大学数学与计算机科学学院吴运兵等人发表的《基于多数据源的知识图谱构建方法研究》福州大学学报(自然科学版)第45卷第3期:知识图谱是利用信息可视化技术构建的一种知识之间的关系网络图,为了能更好展示和使用多数据源融合的知识图谱,本研究开发了一个知识图谱应用服务平台。平台采用Neo4j作为图的存储数据库,以Bootstrap

前端网页框架设计布局,并使用D3.js数据驱动的可视化套件实现实体与关系的动态展示效果。该平台能够从全局层面对融合多个数据源的数据进行管理和使用。主要功能有:1)融合多种数据源的基本信息,为用户提供高级数据搜索“统计”分析等服务;2)实体链接预测,对知识图谱中可能存在着缺失的实体与实体间的关系进行链接,实现丰富和拓展知识图谱;3)知识图谱实体关系网络的可视化,实现概念“属性”实例等多个维度的知识图谱展示,将知识图谱中的实体之间的关系通过可视化的形式展示出来。示例如图4所示。

[0008] 目前,知识图谱的可视化技术主要是以力导引布局的方法可以产生相当优美的网络布局,并充分展现网络的整体结构及其自同构特征。这种知识图谱可视化的呈现,虽然可直观的展示知识图谱知识体系结构、本体和本体间的相互关系,但其展示只是以节点和线的状态图方式,未能展示本体所关联的内容,并且这种展示方式只适合于专业人士应用。古典园林知识图谱属于文旅文博行业,主要应用服务对象是广大社会公众,基于力导引布局的知识图谱可视化展示对于社会公众显得过于专业,缺乏知识本体所关联的园林场景、景点等内容。因此,本发明试图构建基于3D的古典园林知识图谱可视化展示系统,将知识图谱的知识实体以3D形式展示,使得社会公众更直接、更形象和更逼真的学习了解古典园林的历史、文化和艺术,同时领略园林美景。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法及系统,实现基于主题检索生成古典园林知识图谱关联场景、经典景点和园林要素的同屏多窗3D可视化展示。

[0010] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0011] 一方面,本发明提供了一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法,包括以下步骤:

[0012] 步骤一:古典园林知识体系构建,包括:获取构建古典园林知识体系所需的数据,并根据古典园林构成的要素对所获取的数据进行处理以形成数据资源目录;

[0013] 步骤二:基于步骤一所构建的古典园林知识体系建设古典园林知识图谱,其构建过程包括:数据治理、知识体系建设、知识实体建设、知识图谱构建;

[0014] 步骤三:进行古典园林三维建模,包括:数据收集与整理、数据分析与识别、模型元素库与图元数据生成、三维模型产品生产;

[0015] 步骤四:利用3D可视化展示系统对古典园林知识图谱进行展示。

[0016] 作为本发明进一步的方案:所述古典园林知识体系采用三维结构框架模型,包括X层面、Y层面与Z层面。

[0017] 作为本发明进一步的方案:所述X层面为知识分类结构,主要包括:古典园林、园林要素、园林历史、园林文化、园林艺术、空间信息和相关知识;

[0018] Y层面为园林知识内容元属性结构,古典园林主要包括:皇家园林、私家园林、寺观园林和其他园林;园林要素为掇山、理水、置石、建筑、植物和陈设;园林历史主要包括:历史沿革、历史遗址和历史人物;园林文化主要包括:匾额楹联、诗词歌赋和典故传说等;园林艺术主要包括:园林意境、园林造景和园林雕塑;空间信息主要包括:地理信息、空间布局和园林周边;

[0019] Z层面为知识体系的知识属性、知识间关系、关联规则、约束条件和可视化展示及

应用。

[0020] 作为本发明进一步的方案:步骤一中,对所获取的数据进行处理以形成数据资源目录的步骤为:将获取的不同来源的各类数据,按照统一的数据标准进行清洗,检验数据质量,按照古典园林知识图谱构建的数据分类,定义描述数据元属性,分析制定数据之间的关联规则和关联关系,形成数据资源目录。

[0021] 作为本发明进一步的方案:步骤一中,古典园林知识体系构建,还包括:

[0022] 定义元数据集:定义古典园林知识体系元数据规范;

[0023] 制定分类体系:基于古典园林元数据集,制定古典园林数据分类体系;

[0024] 分类知识实体:基于古典园林数据分类体系,分类古典园林的知识实体;

[0025] 制定规则与约束:古典园林知识体系的知识关联规则和关系;

[0026] 定义属性及关系:古典园林的知识元属性依据数据分类定义。

[0027] 作为本发明进一步的方案:步骤三中:

[0028] 数据收集与整理:收集与整理采集的建筑CAD图、测量数据、照片、无人机倾斜摄影数据和全景采集数据,按类型进行分类整理,建立采集数据库;

[0029] 数据分析与识别:通过整理好几何数据、纹理数据、属性数据,基于项目应用进行技术与识别,获得目标模型的详细参考数据;

[0030] 模型元素库与图元数据生成:生成基本模型数据作为三维模型元素库,对应的现场拍照,精细化处理作为纹理素材数据,以应用分析为主导生成场景、物品的图元信息作为互动依据;

[0031] 三维模型产品生产:三维模型生产过程按照标准化流水线生产模式划分为工程设计,数据采集,制造,导入合成,发布应用五个具体实施阶段,依据各阶段的操作,完成大规模三维模型及相关产品的生产。

[0032] 另一方面,本发明还提供了一种古典园林知识图谱3D可视化展示系统,用于上述的一种古典园林知识图谱3D可视化展示方法,包括数据资源层、应用支撑层、应用支撑层和服务终端层,其中,

[0033] 数据资源层:用于对所有数据资源的存储、整合和管理;。

[0034] 应用支撑层:用于对各类资源通过业务模型、引擎进行统一的组织管理;

[0035] 应用服务层:以时间地图、虚拟导览和知识图谱方式,展示古典园林、园林历史、园林文化、园林艺术和园林要素内容;

[0036] 服务终端层:包括普通PC、手机、LED大屏、全息投影、以及VR/AR 可穿戴设备

[0037] 作为本发明再进一步的方案:数据资源层所存储、整合、管理的数据包括古典园林知识图谱及相关数据内容、知识索引库、各类文字资源、图片资源、视频资源和三维模型资源。

[0038] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0039] 本发明通过古典园林知识数据分类、知识体系构建、古典园林三维建模和3D可视化展示系统等,解决古典园林知识图谱所关联的3D 场景和模型的多维展示,提供了知识图谱可视化展示的新途径和新方法,本发明通过将古典园林知识图谱的知识实体以3D形式展示,使得社会公众能够更直接、更形象和更逼真的学习了解古典园林的历史、文化和艺术,同时领略园林美景。

附图说明

- [0040] 图1为背景技术中的知识图谱可视化示例1。
- [0041] 图2为背景技术中的知识图谱可视化示例2。
- [0042] 图3为背景技术中的知识图谱可视化示例3。
- [0043] 图4为背景技术中的知识图谱可视化示例4。
- [0044] 图5为本发明中一种自动获取数据应用架构的结构框图。
- [0045] 图6为本发明中自动获取数据方法的示例应用页面。
- [0046] 图7为本发明中古典园林知识体系构建方法流程图。
- [0047] 图8为本发明中古典园林知识体系构建案例。
- [0048] 图9为本发明中古典园林知识图谱构建方法流程图。
- [0049] 图10为本发明中古典园林三维建模流程图。
- [0050] 图11为本发明中古典园林知识图谱3D展示系统总体框架图。
- [0051] 图12为本发明中二、三维展示切换流程时序框图。
- [0052] 图13为本发明中的一种时间地图可视化展示界面。
- [0053] 图14为本发明中的一种虚拟导览可视化展示界面。
- [0054] 图15为本发明中的一种关系图谱可视化展示界面。
- [0055] 图16为本发明中的一种关系图谱3D可视化展示界面。
- [0056] 图17为本发明中的一种三维知识图谱可视化展示界面。

具体实施方式

[0057] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下将结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0058] 需要说明的是,当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者间接在该另一个元件上。当一个元件被称为是“连接于”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或间接连接至该另一个元件上。

[0059] 需要理解的是,术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有说明书特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0060] 此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。

[0061] 具体实施例:

[0062] (一) 古典园林知识图谱构建数据分类

[0063] 1. 古典园林数据分析

[0064] 古典园林构成的要素为掇山、理水、置石、建筑、陈设装饰和植物等,数据类型有结构化、非结构化和半结构化数据。数据格式有文档数据、图片数据、视频数据和点云数据等多种格式。

[0065] 2. 古典园林数据分类

[0066] 古典园林构成要素,按照古典园林、园林要素和历史文化对构建古典园林知识图谱的数据资源进行分类,其数据分类如表1所示:

[0067]

代码	大类名称	中类名称	小类名称
01	古典园林		
011		皇家园林	
01101			大内御苑
01102			离宫御苑
01103			行宫御苑
01104			祭坛园林
01105			皇家陵园
012		私家园林	

[0068]

01201			江南私家园林
01202			岭南私家园林
01203			巴蜀私家园林
01204			北方私家园林
01205			其它私家园林
013		寺庙园林	
01301			佛寺园林
01302			道观园林
01303			祠庙园林
014		其他园林	
01401			名胜园林
01402			衙署园林
01403			书院园林
02	园林要素		
021		掇山	
02101			假山
02102			土山
02103			土石山
022		理水	
02201			湖海
02202			池潭
02203			河溪

[0069]

02204			泉井
02205			瀑涧
02206			堤岛
023		置石	
02301			湖石
02302			黄石
02303			笋石
02304			英石
02305			青石
02306			灵璧石
02307			宣石
02308			花岗石
024		建筑	
02401			殿堂楼馆
02402			轩榭台舫
02403			亭廊桥
02404			阁塔坊
02405			院墙铺地
025		陈设装饰	
02501			室内陈设
02502			室外陈设
02503			书画题刻

[0070]

026		植物	
02601			常绿乔木
02602			落叶乔木
02603			常绿灌木
02604			落叶灌木
02605			草本植物
02606			水生植物
02607			攀缘植物
02608			古树名木
02609			竹类盆景
03	园林历史		
031		历史沿革	
03101			商周秦汉
03102			魏晋南北朝
03103			隋唐
03104			宋辽金元
03105			明清
032		历史遗址	
03201			遗址地形
03202			遗址建筑
03203			遗址文化
033		历史人物	

[0071]

03301			皇家
03302			官宦
03303			文人
03304			商家
03305			其他
04	园林文化		
041		园林文化	
03401			匾额楹联
03402			彩画题刻
03403			诗词歌赋
03404			绘画图片
03405			典故传说
03406			影像资料
042		园林艺术	
03501			园林意境
03502			园林布局
03503			园林造景
03504			园林借景
03505			园林雕塑
05	空间信息		
		地理信息	
036			

		空间布局	
[0072]			

[0073] 表1:一种古典园林知识图谱构建数据分类与代码

[0074] (二) 古典园林知识体系构建

[0075] 1. 数据获取

[0076] 构建古典园林知识图谱的数据获取采用人工与自动两种模式:人工获取主要依据古典园林知识图谱构建数据分类,基于古典园林各类文献资料收集摘录整理古典园林相关数据;自动获取基于自主开发的数据获取系统,通过选定特定的互联网页面自定义获取数据的关键词和属性进行数据获取。对获取的数据进行数据治理后,汇聚整理形成古典园林数据元属性,构建古典园林知识图谱知识体系框架。

[0077] 自动获取数据方法采用后台数据处理的方式进行数据获取,可以在无需安装特定软件的情况下通过互联网页面进行数据获取,数据获取自由度高,允许用户进行自定义元素属性设置。获取数据结果可以存储为常见文件格式如csv、excel、text等,亦可通过接口直接存储于数据服务器中。该方法的应用架构如图5所示,其中:

[0078] 提取页面展示:用于分析网站响应展示和CSS选择器交互使用,基于iframe页面内展示;

[0079] CSS选择器:使用HTMLDOM返回提取页面展示中的CSS元素属性,选择方式为鼠标点击,点击后即可选择该段内容的CSS元素属性;

[0080] 通用数据提取器:针对CSS选择器中选中的CSS元素属性,生成提取器的变量值,生成针对目标网站的提取器;

[0081] 任务排序:主要负责将引擎接受的请求进行列队,根据列队顺序返还引擎请求信息;

[0082] 数据提取引擎:基于Python架构的数据提取引擎,用于处理数据提取器的编码,可以进行用户自定义提取工作;

[0083] 数据整理:对提取的信息进行处理、清理、验证以及持久化处理(存储数据库或文件类型导出);

[0084] 数据输出接口:通用数据接口,可以生成本地存储格式、异地存储(下载到用户本地计算机)和数据库存储等方法;

[0085] 示例应用:通过输入关键链接地址,点击跳转即可将关键网页的内容显示在内容区域。通过点击左下角元素属性添加按钮,即可在页面内容范围进行点击选择css元素属性。完成选择后即可点击提取数据,稍等片刻后台数据服务器将返回用户自定义提取的数据。自动获取数据方法的示例应用页面如图6所示。

[0086] 2. 知识分类

[0087] 古典园林知识图谱是专业领域知识图谱,其知识分类依据于本发明提出的古典园林知识图谱构建数据分类进行分类,具体分类为:古典园林、园林要素、园林历史、园林文化、园林艺术、空间信息和相关知识等类型,知识本体分类为:一类知识、二类知识、三类知识、一级实体、二级实体和关联实体等,如表2所示:

[0088]	古典园林	一类知识	二类知识	三类知识	一级实体	二级实体	关联实体
[0089]	颐和园	皇家园林	行宫御苑	佛香阁	古建筑	建筑知识	古建类型
						空间知识	园林周边
						历史知识	园林历史
						人文知识	相关人物
					
	颐和园		掇山				
			置石				
			理水				
			建筑				
			植物				

[0090] 表2: 古典园林知识分类示例

[0091] 3. 知识体系框架模型

[0092] 古典园林知识体系的构建目的是为了构建古典园林知识图谱, 直观展示园林相关的知识, 以及知识与知识之间的关系, 以多纬度、多层次、多角度的展示园林知识。

[0093] 古典园林知识体系框架模型为三维结构, X层面为知识分类结构, 主要包括: 古典园林、园林要素、园林历史、园林文化、园林艺术、空间信息和相关知识等。Y层面为园林知识内容元属性结构, 古典园林主要包括: 皇家园林、私家园林、寺观园林和其他园林。园林要素为掇山、理水、置石、建筑、植物和陈设等。园林历史主要包括: 历史沿革、历史遗址和历史人物等。园林文化主要包括: 匾额楹联、诗词歌赋和典故传说等。园林艺术主要包括: 园林意境、园林造景和园林雕塑等。空间信息主要包括: 地理信息、空间布局和园林周边等。另外包

括古典园林的相关知识。Z层面为知识体系的知识属性、知识间关系、关联规则、约束条件和可视化展示及应用等。

[0094] 4. 知识体系构建方法

[0095] 古典园林知识体系构建方法主要分为：数据获取、数据治理与融合、定义元数据集、制定分类体系、分类知识实体、制定规则与约束和定义属性及关系等步骤，如图8所示：

[0096] 数据获取：采用人工和自动两种方式获取数据。

[0097] 数据治理与融合：数据治理将获取的不同来源的各类数据，按照统一的数据标准进行清洗，检验数据质量，按照古典园林知识图谱构建的数据分类，定义描述数据元属性，分析制定数据之间的关联规则和关联关系，形成数据资源目录，为构建知识图谱知识体系和知识本体奠定数据基础。

[0098] 定义元数据集：定义古典园林知识体系元数据规范，主要包括：数据资源信息、园林信息、园林要素和园林历史文化等元数据类。

[0099] 制定分类体系：基于古典园林元数据集，制定古典园林数据分类体系。

[0100] 分类知识实体：基于古典园林数据分类体系，分类古典园林的知识实体。

[0101] 制定规则与约束：古典园林知识体系的知识关联规则和关系，如：隶属、包含、子类、强相关、弱相关、唯一、必选、可选、不重复、可重复等。

[0102] 定义属性及关系：古典园林的知识元属性依据数据分类定义，如：颐和园属性为：皇家、行宫等。

[0103] 古典园林知识体系构建方法如图7所示。

[0104] 5. 知识体系构建案例

[0105] 古典园林知识体系以现存古典园林为依托，将古典园林的园林概览、园林历史、园林要素、园林文化、园林艺术、空间信息和相关知识等单点知识或知识集通过点边的形式形成点线面，进而形成知识网络。每个知识点都有自身的定义、构成、条件、背景、功能、外延知识等等，形成无限的、变化的、复杂的园林知识体系。古典园林知识体系构建案例如图8所示。

[0106] 6. 古典园林知识图谱建设

[0107] 基于古典园林知识体系，建设古典园林知识图谱，其构建过程包含：数据治理、知识体系建设、知识实体建设、知识图谱构建等四个过程，每一次更新迭代均包含这四个阶段。古典园林知识图谱建设方法如图9所示。

[0108] (三) 基于古典园林数据分类的三维建模

[0109] 古典园林三维建模应用多分辨率三维建模技术与方法，基于古典园林场景和实物对象属性数据模型的建立及解析，构成古典园林场景实物对象属性数据模型的树形结构，得到实物对象属性数据模型树。根据实物对象属性数据模型树，创建实物对象整体拓扑结构的各三维子模型，建立 $2n+1$ 级不同细节层次的离散逼近模型，对 $2n+1$ 级不同细节层次的离散逼近模型进行重建组合，生成实物对象的整体三维模型。既可以有效地解决多分辨率三维建模的成本和效率问题，又可以保障大场景大规模三维模型的比例和精度，具有古典园林三维建模质量高，制作周期短的特点。

[0110] 古典园林三维建模，主要由基于古典园林数据分类的数据收集与整理、数据分析分析与识别、模型元素库与图元数据生成和三维模型产品生产等实施过程。

[0111] 数据收集与整理:收集与整理采集的建筑CAD图、测量数据、照片、无人机倾斜摄影数据和全景采集数据,按类型进行分类整理,建立采集数据库。

[0112] 数据分析与识别:通过整理好几何数据、纹理数据、属性数据,基于项目应用进行技术与识别,获得目标模型的详细参考数据。

[0113] 模型元素库与图元数据生成:生成基础的地面、室内结构组成构件等基本模型数据作为三维模型元素库。对应的现场拍照,精细化处理作为纹理素材数据,以应用分析为主导生成场景、物品等的图元信息作为互动依据。

[0114] 三维模型产品生产:三维模型产品生产过程按照标准化流水线生产模式划分为工程设计,数据采集,制造,导入合成,发布应用等5个具体实施阶段,依据各阶段的操作,完成大规模三维模型及相关产品的生产。

[0115] 1. 古典园林全景建模

[0116] 运用三维渲染工具,使用古典园林模型搭配其他园林要素合成完整古典园林模型,通过渲染工具渲染园林模型720°全景影像。

[0117] 采用everpano 3D对古典园林全景场景空间进行反向建模并生成深度图,通过添加线条和几何体方式,勾画古典园林中的空间及物件的立面轮廓,根据轮廓的大小、相对位置等信息构建模型、判断方向,从而将古典园林全景场景图片三维化。

[0118] 运用点线面方式勾画出场景当中所有的空间及物件的立体结构光模型,使其产生全景图构成元素的立体效果。渲染输出构建好的古典园林场景结构光模型,整合为everpano工程文件进行实际应用。

[0119] 2. 经典景点建模

[0120] 针对经典景点建筑模型建设采用高精度模型件建设标准,按数据分析和识别对目标进行构成部件拆分,建筑类模型按照台基、圆柱、开间、大梁、斗拱、屋盖、彩绘、纹理等步骤顺序进行部件编号和模型建设。

[0121] 提取建筑模型CAD图纸数据和实际影像资料做参考,设置建模软件单位标准,使用多边形建模方法,按真实比例建设建筑外观整体框架模型。在框架模型成果基础上进行细化工作,进行台阶、围栏、门窗、瓦片、墙砖等细节模型建设,并对框架模型进行比例和精度调整。对于建筑重复部件的模型建设如斗拱、门窗、圆柱、瓦片、墙砖等按统一标准进行规格化处理,重置模型信息和坐标值,输入模型元素库,后期建模拼合调取使用。在精细化模型成果基础上进行贴图纹理制作,景点模型贴图采用真实纹理制作,高度还原建筑纹理细节。

[0122] 3. 园林要素建模

[0123] 园林要素建模主要由山水花木、堂、楼、馆、榭、轩、舫、亭、廊、桥、墙等几部分要素构成,根据需求的不同分为精细模型、框架模型和面片模型。

[0124] 4. 三维建模流程如图10所示。

[0125] (四) 古典园林知识图谱3D可视化展示系统

[0126] 1. 总体框架

[0127] 系统采用B/S架构,由裸眼3D展示、超高清真三维展示、AR和全息投影体验等组成,具有虚拟古典园林展示、全景漫游、手动漫游、互动交互、基于知识的检索、古典园林知识图谱的可视化展示应用等功能。

[0128] 系统支持内嵌三维场景、视频、图片、网页,并可随意指定界面元素点击后调取的

内容形式。多种客户端接入如：PC机、触控一体机、Windows、Andriod和iOS。系统总体框架如图11所示。

[0129] 系统包括数据资源层、应用支撑层、应用支撑层和服务终端层。

[0130] 数据资源层：实现对所有数据资源的存储、整合和管理。内容包括知识图谱及相关数据内容、知识索引库、各类文字资源、图片资源、视频资源和三维模型资源。

[0131] 应用支撑层：负责对各类资源通过业务模型、引擎进行统一的组织管理，是系统运行核心支撑层。聚类关联引擎负责对各类资源按照知识图谱的设计，进行分类和关联；专用仿真引擎负责为展示层提供相应的算法支撑；知识检索引擎是对资源层的各类数据资源进行综合检索；知识展示引擎是根据访客检索查询要求以及检索结果，根据当前界面风格进行内容的组织和转化；知识元模型维系知识图谱的组织方式，包括格式、媒介、行动、顺序、条件、关联等各类属性，保证知识图谱相关信息的一致性、清晰度和完整性；知识地图维系知识资源的结构组织，管理整个知识资源体系的分布，为不同的用户、查询形态快速提供所需的内容； workflow引擎负责为业务的组织和运行流程提供支撑；接口管理、存储管理及应用中间件负责系统运行的逻辑支撑。

[0132] 应用服务层：以时间地图、虚拟导览和知识图谱方式，展示古典园林、园林历史、园林文化、园林艺术和园林要素等内容。

[0133] 服务终端层：包括了目前可用的各类形态，包括普通PC、手机、LED大屏、全息投影、以及VR/AR可穿戴设备等。内容在不同终端形态上的适配由适配层负责。

[0134] 2. 二、三维展示切换流程设计

[0135] 古典园林知识图谱3D可视化展示核心是解决三维模型的快速加载，系统应用自主设计的智能终端大规模三维模型快速加载技术（已申请发明专利，受理号：2018022400473910），实现知识图谱3D可视化展示。该技术主要包括：

[0136] 服务器端三维模型数据的压缩、编码和规格化处理。三维模型包括几何体信息，连接信息，属性信息，通过对三维模型的几何体及连接的特征提取，构建渐进压缩几何和连接信息的算法，并结合纹理、精度、坐标等的属性压缩算法，对服务器端存储的三维模型数据进行有效的压缩处理。在几何、连接、属性提取的基础上建立三维场景和模型属性标识编码，实现模型快速检索与加密传输。为确保对每个客户端数据传输的正确性，并防止数据的重复传输，在服务器端对数据进行规格化处理，对每一个客户端构建一个单独的传输控制线程，记录三维场景每个对象分裂树的传输状态，保证三维场景和模型的快速有效加载。

[0137] 基于视点的多线程传输处理。即视点相关的多线程传输，三维模型加载过程中客户端使用以下4个服务器线程，其中一个进行三维数据的下载，一个用于下载数据的分析，一个负责视点计算，一个进行模型的渲染绘制，在视点相关的多线程传输中，客户端需要负责向服务器发送自己当前的状态并接收来自于服务器的优化信息，同时对三维模型数据进行选择性下载，服务器端的视点计算线程，用来计算视点对象信息从而确定当前状态，进行下载数据的分析，将分析所得的三维模型数据文件传送到客户端，进行三维模型的渲染绘制。

[0138] 移动智能终端进行三维数据的解码并采用WebGL这种3D绘图标准，进行交互应用的三维渲染绘制，客户端对已下载的三维数据进行解码处理，遵循WebGL这种3D绘图标准，建立三维模型的属性标识编码与交互感知信息的映射关系，准确表达交互感知信息与三维

场景空间信息的对应关系,达成交互式的三维智能管控效果,完成大规模三维模型的加载应用。

[0139] 古典园林知识图谱3D可视化展示二、三维切换,用户点击知识图谱二维展示的知识点,请求三维展示反馈至展示三维程序和引擎,获取相应的三维模型数据,通过快速加载和终端渲染进行展示。二、三维展示切换流程时序如图12所示。

[0140] 3. 可视化展示设计

[0141] 古典园林知识图谱可视化展示,设计为“时间地图”、“虚拟导览”和“关系图谱”三个展示模块。

[0142] “时间地图”以中国园林的历史沿革为主要脉络,从“皇家园林”、“私家园林”、“寺观园林”和“其他园林”等四个方面对相关园林进行分类展示,使游客通过线上直观的了解古典园林的发展演变历程,园林简介和空间分布等。时间地图可视化展示界面如图13所示。

[0143] “虚拟导览”以还原度超99.99%的园林三维模型为基础,实现用户在系统内自动漫游、自主漫游,配以语音讲解、文字说明、历史典故、路线推荐、经典景点等功能,使用户足不出户感受中国古典园林的魅力。线下预约功能巧妙链接线上与线下,打造“线上+线下”双渠道游览,满足不同用户的需求。虚拟导览可视化展示界面如图14 所示。

[0144] “关系图谱”模块以2D和3D两种表现形式展示园林本体与其他园林的关系,将2D和3D数据的独立属性映射到坐标轴中,并确定各数据点在坐标系中的位置,通过颜色、大小、形状等视觉通道来表示目标的其他属性,具有“缩放”、“旋转”、“移动”、“隐藏”和“显示”等功能,直观的展示知识与知识之间的结构关系及其发展进程。关系图谱可视化展示界面如图15所示。

[0145] 关系图谱3D展示解决了知识系统的多维度特点,基于三维视角,在保证单个节点的值清晰的状态下,为其寻求一个可以清晰观察关系链路的视角,在这个视角下,所有子节点的铺展需遵循一定的方向,即能呈现较为清晰的关系链路,也使数据排列更加灵活,让游客更全面的获取园林相关知识。3D展示界面有别于2D界面的扁平化处理,将整体关系置于浩瀚的宇宙中,纷繁的数据就犹如错综复杂的星系网络,我们通过探索宇宙来窥探数据的内核。关系图谱3D展示界面如图16所示。

[0146] 尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

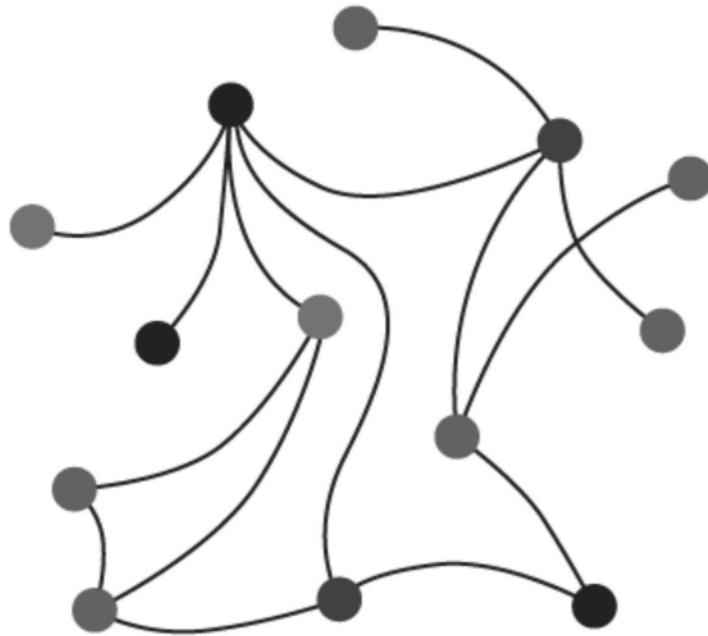


图1

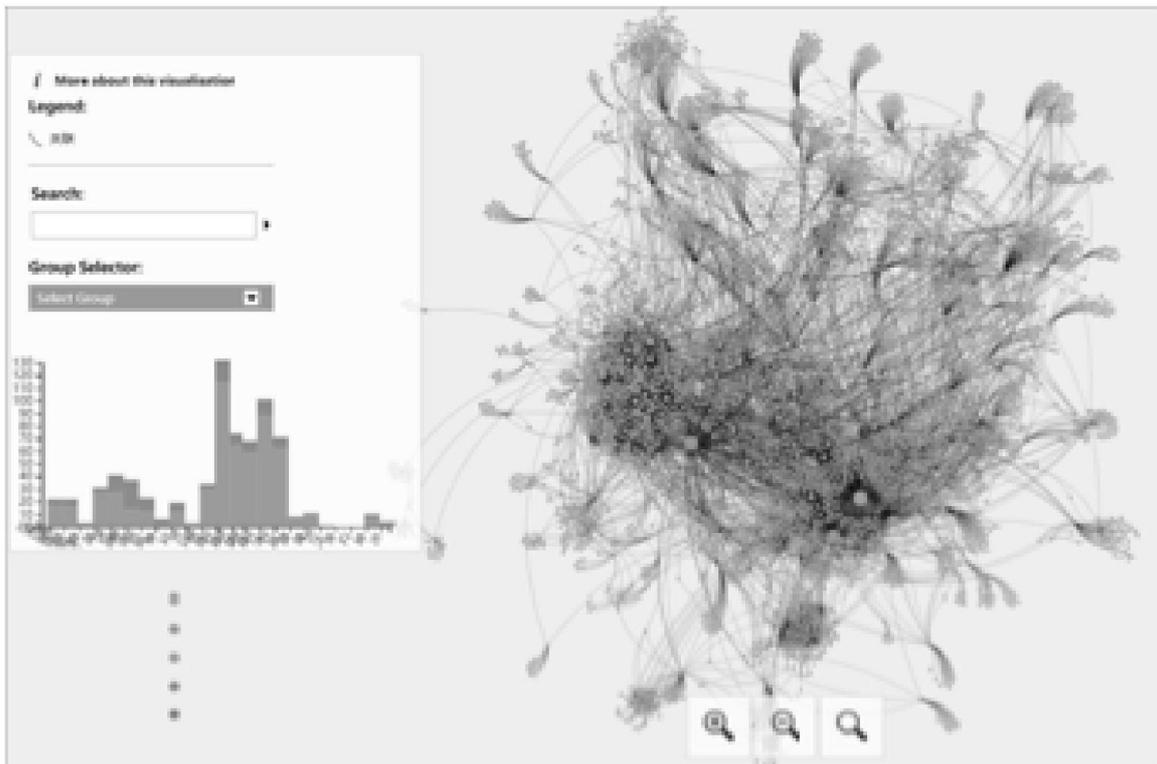


图2

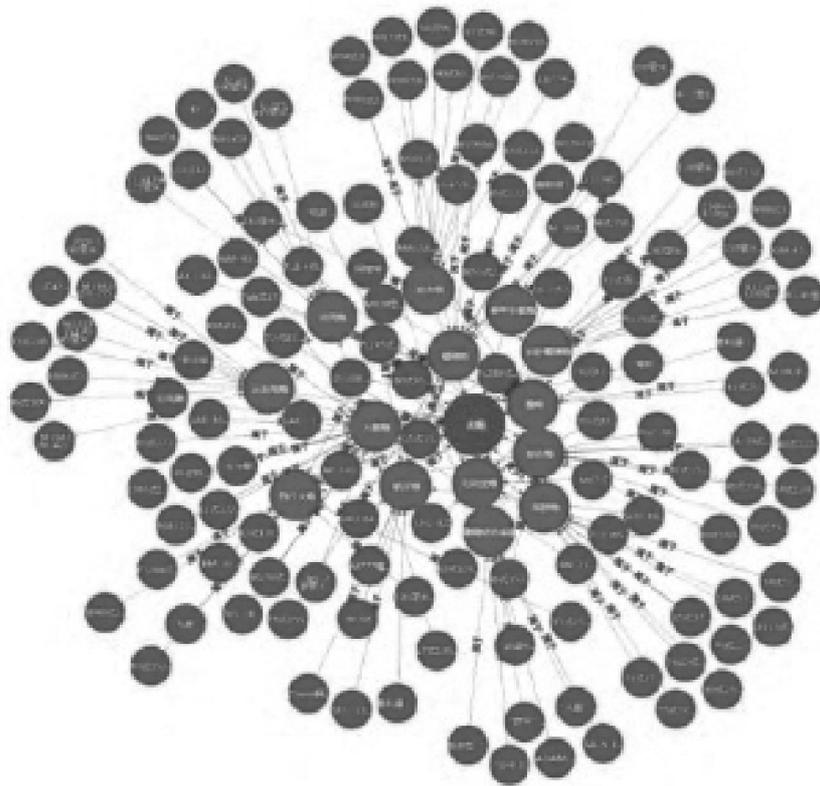


图3



图4

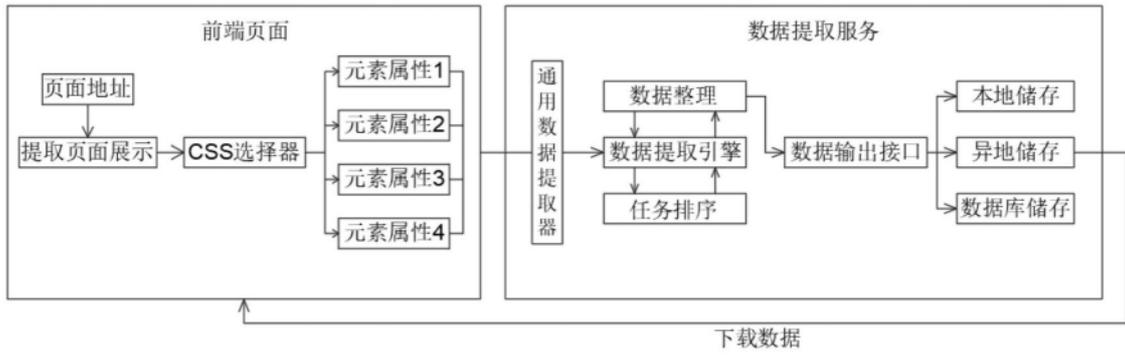


图5

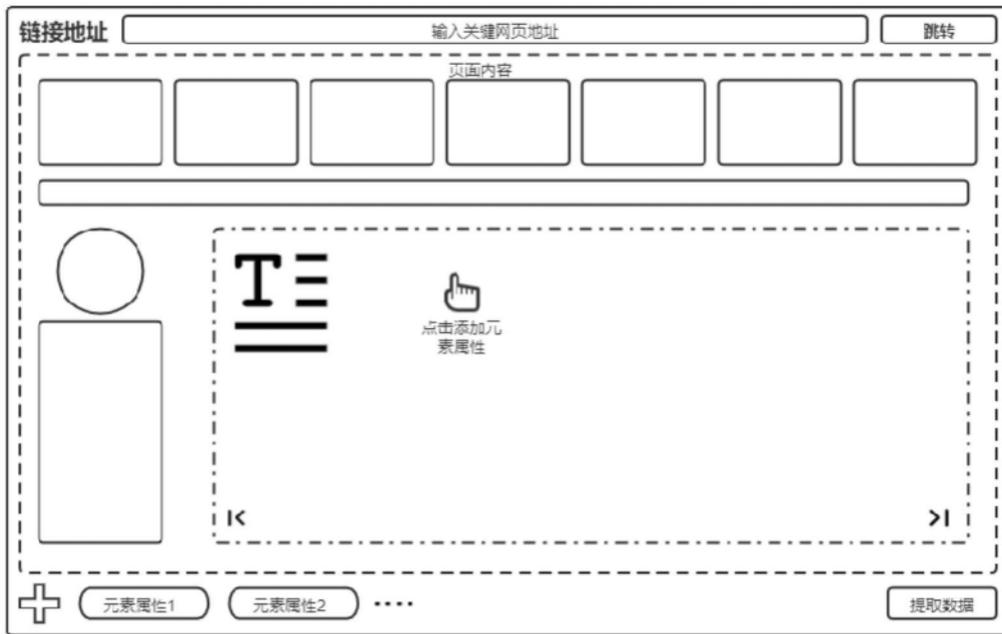


图6

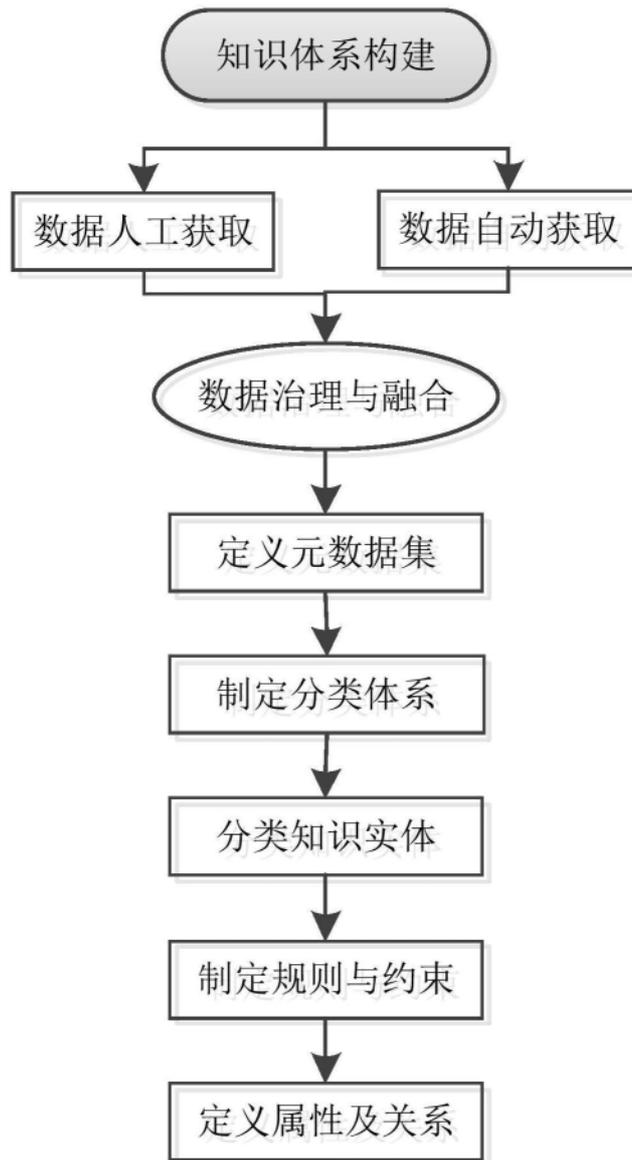


图7

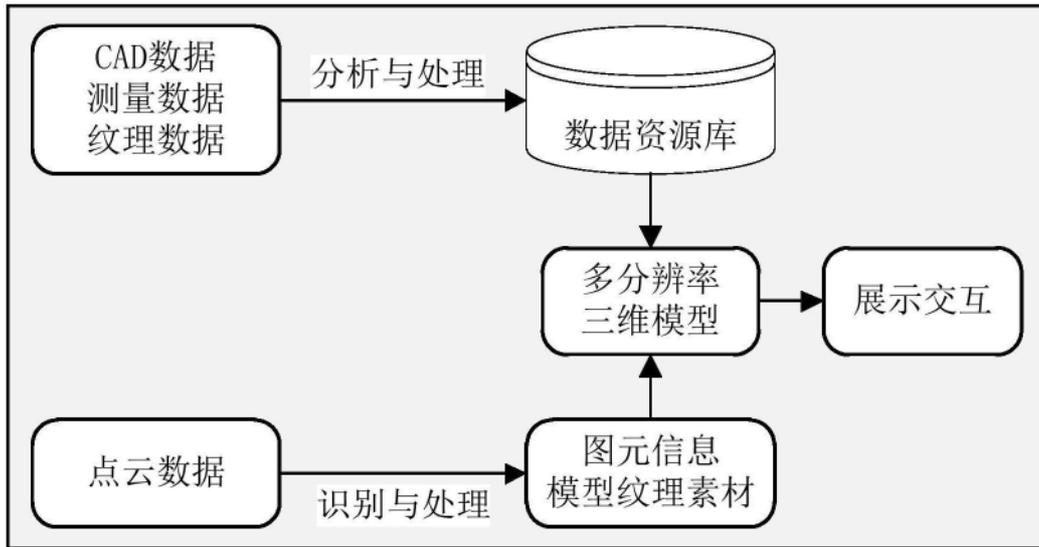


图10



图11

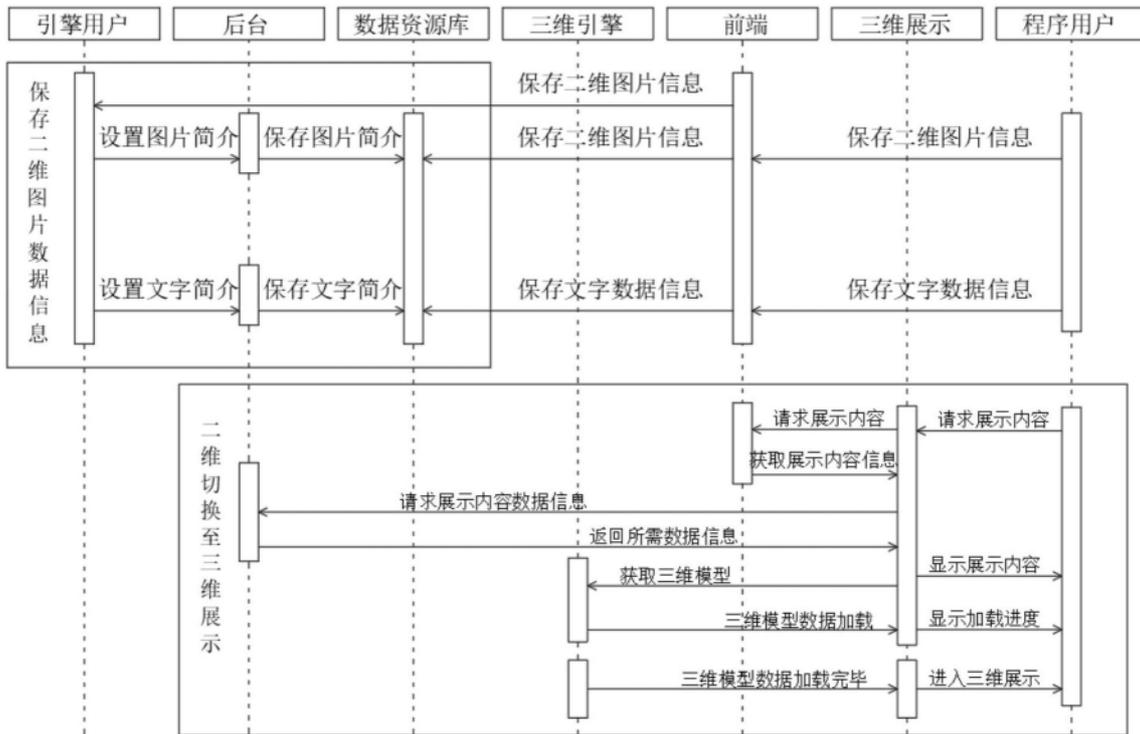


图12



图13



图14

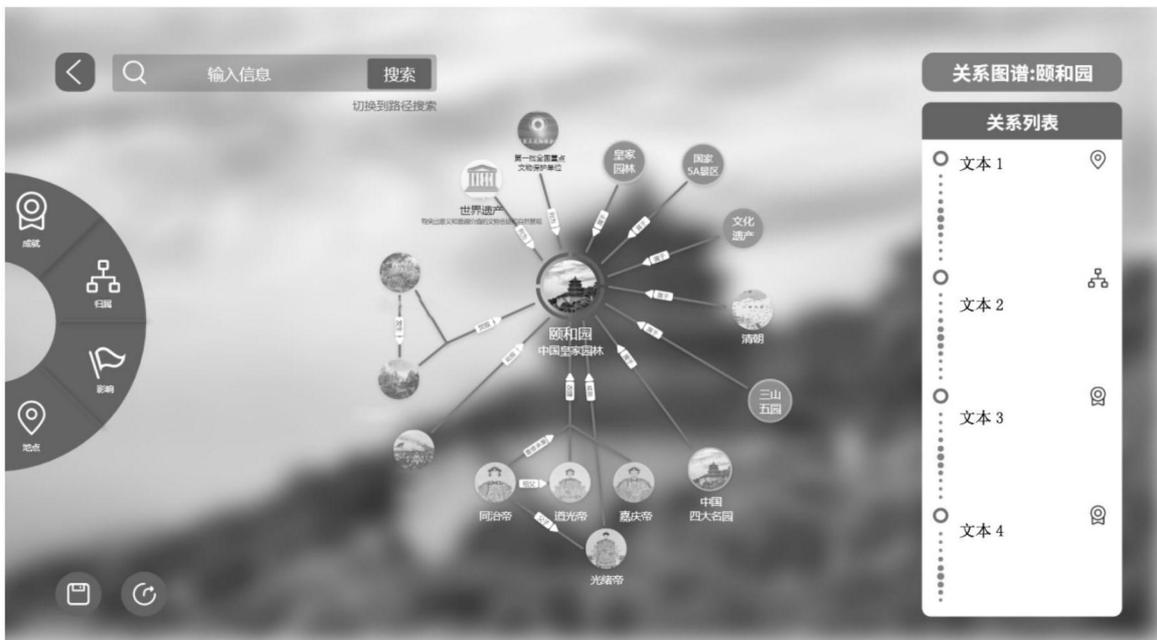


图15

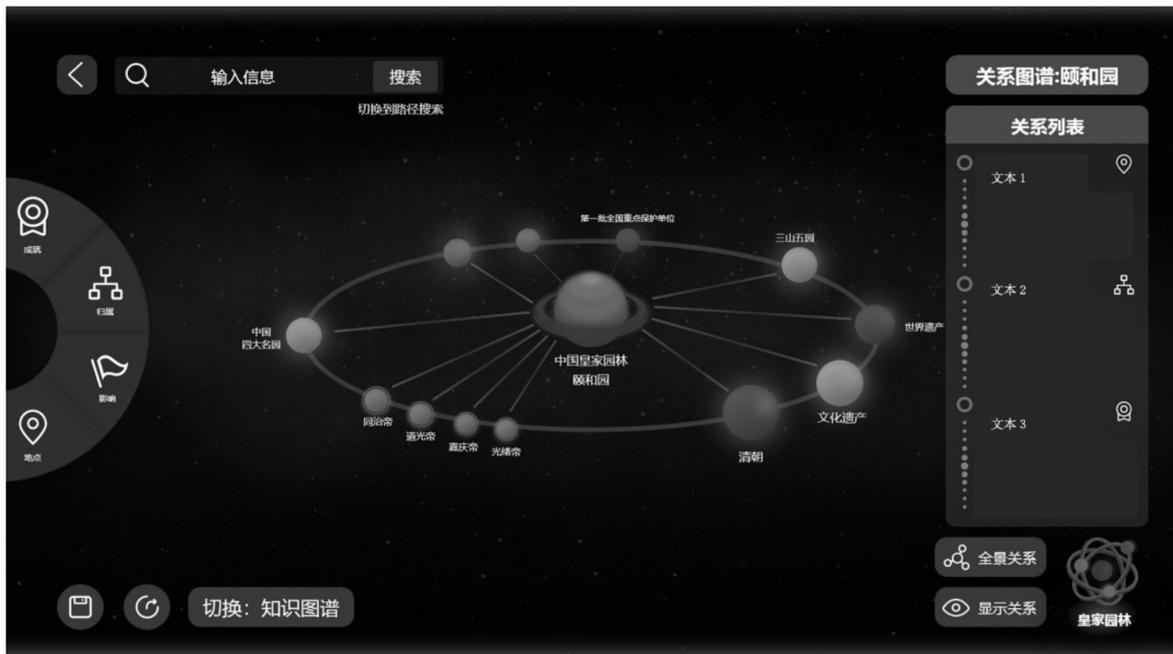


图16



图17