

面向手机 3D 动画自动生成的空间分层布局规划^①

王晓飞, 黄 蕾

(北京工业大学 信息学部, 北京 100124)

摘 要: 手机 3D 动画自动生成系统是将用户发送的短信, 经过信息抽取、情节规划等一系列的处理, 最终生成一段与短信内容相关的三维动画并发送给接收方这一过程. 布局规划是系统的一个重要组成部分, 其功能是将模型放置到场景的可用空间上. 通过对布局问题的研究, 本文提出了一种基于区域布局和模型布局的分层布局方法, 其包括定性规划和定量计算两个部分, 利用语义网技术建立分层布局知识库, 基于规则的方法推导出分层布局定性规划方案, 并对模型位置进行动态计算. 最后, 通过实验验证了分层布局规划的有效性和多样性, 满足了自动生成系统对布局规划的要求.

关键词: 动画自动生成; 布局规划; 区域布局; 分层布局; 语义网

引用格式: 王晓飞, 黄蕾. 面向手机 3D 动画自动生成的空间分层布局规划. 计算机系统应用, 2017, 26(10): 110-117. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/6018.html>

Spatial Hierarchical Layout Planning for Mobile 3D Animation Generation

WANG Xiao-Fei, HUANG Lei

(Information Science Division, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Based on messages sent by users, the 3D animation automatic generation system of mobile phone, after a serial process of information extraction, plot planning, would generate a video animation and send it to the receivers. The layout planning is an important part of the automatically generated system, which can place the model to the space on the animation scene. Through the study of layout problems, this paper proposes a hierarchical layout method based on the regional and model layout. It includes qualitative planning and quantitative calculation, using semantic web technology to build hierarchical layout knowledge base, derivation of hierarchical layout qualitative planning scheme based on rule, dynamic calculation of model location. Finally, experimental results show that the hierarchical layout planning is effective and diverse, and it meets the requirements of automatic generation system for layout planning.

Key words: animation automatic generation; layout planning; regional layout; hierarchical layout; semantic web

1 引言

布局是对事物的全面规划, 通常是将一些物体按照一定规则放置到一个给定的区域中, 如桌面物体摆放、城市建筑规划等. 生活处处离不开布局, 这也引得许多专家学者对其进行研究, 其主要集中在二维和三维规则物体的布局问题上, 如玻璃切割问题、集装箱装载问题. 由于组合爆炸, 这类问题往往被描述成大规

模整数规划, 已被证明是 NP-难问题. 目前, 解决此类问题主要采用模拟退火算法和遗传算法等, 由于布局问题广泛存在于工业生产和人们日常生活中, 因此对布局问题的研究具有十分重要的实用价值.

本文中的布局指的是在手机 3D 动画自动生成系统中模型在可用空间的摆放问题, 上世纪 90 年代, 中科院陆汝钤院士^[1]提出了全过程计算机辅助动画自动

① 收稿时间: 2017-01-12; 采用时间: 2017-02-23

生成技术,它底层是以图形学为支撑,在上层运用人工智能技术以及电影艺术实现的一个全新领域.2008年,中科院张松懋研究员^[2]将此技术应用到了手机短信上,提出了手机3D动画自动生成技术,该技术是将发送者的短信转化为一段能表现短信内容的三维动画并发送给接收方.

布局规划是手机3D动画自动生成系统中的模块之一,通过设计出一种布局方式将模型动态的放入动画场景中并且具有一定的合理性和美观性,可以实现系统中模型和场景的重用,使生成的动画更加丰富.由此可见,本系统的布局问题是针对的是添加到动画场景中的模型,如何设计出合理的布局方式是需要研究的重点.此前,系统已经做过两个版本的布局规划,第一版实现了将模型无重叠的摆放到场景中,第二版设计了一些布局样式,实现了将模型按照布局样式摆放到场景的相应位置.然而模型之间在布局规划过程中并没有联系,布局样式相对固定也导致能放置到场景中的模型数量有所限制,所以在设计布局方案时还要解决目前系统存在的这些问题.

本文设计出了基于语义网技术的分层布局规划系统,分层就是对动画自动生成系统添加的模型划分层次,首先就是要将模型划分区域,基于语义网技术建立的知识库可以存储模型的分类、模型间位置关系以及模型自身的属性等信息,语义网的引入对布局方案的设计有着至关重要的作用,将模型按照这些信息划分到各个区域中,然后分别对每个区域进行布局,最后对所有区域进行布局,最终完成布局规划.系统包括定性规划和定量计算两部分,定性规划是为模型划分区域和设计布局,定量计算则是按照布局规划计算出模型位置并将其添加到场景中.本文的分层布局规划可以解决之前版本存在的问题,并且使模型摆放更加合理,可以提高系统生成的动画的多样性.

2 布局规划整体设计

本文是基于手机3D动画自动生成系统来研究的,系统的整体流程如图1所示,以中文短信为输入,并利用哈工大分词系统对短信进行分词,之后通过机器学习的方法抽取短信的主题等信息,分别对情节、摄像机、光照、布局等进行定性规划,然后计算出各部分定量结果,通过调用Maya API生成动画文件,最后渲染出视频文件并将其发送给接收方.

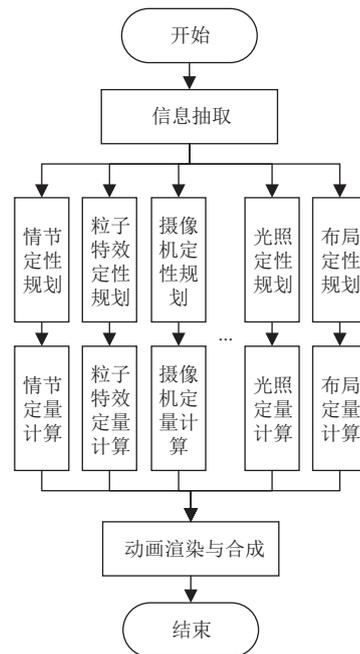


图1 手机3D动画自动生成系统流程图

布局规划是此系统的主要模块之一,其主要功能是将模型摆放到场景的可用空间中.本文的分层布局规划可以设计出多种布局方案并动态的计算模型位置,其整体流程如图2所示.

借助于Protégé搭建的系统知识库可以方便的存储和调用模型的属性等信息,如输入短信“公园树下的椅子上有个西瓜”,情节规划部分会将其中的树、椅子、西瓜等信息抽取出来,布局规划部分将抽取到的模型信息进行区域划分,如椅子模型有一个平面可以用来放置模型,我们将这个平面叫做可用空间,而西瓜模型可以放置到这个空间上,所以可以将椅子和西瓜一起摆放,之后为它们选择布局形状和布局效果,最后计算出模型位置并将模型添加到场景中.

3 布局定性规划

3.1 布局知识库的构建

本体库是以描述型方法来存贮和管理知识的机构,本体最早是在人工智能领域应用的,是由Neches等人给出的定义^[3],他们将本体定义为“给出构成相关领域词汇的基本术语和关系,以及利用这些术语和关系构成的规定这些词汇外延的规则的定义”.其用来表述领域知识,一个本体描述了一个领域中的概念以及概念之间的关系,它能够有效处理复杂的知识,本系统就是采用基于本体的表示方法来构建的知识库和规则库.

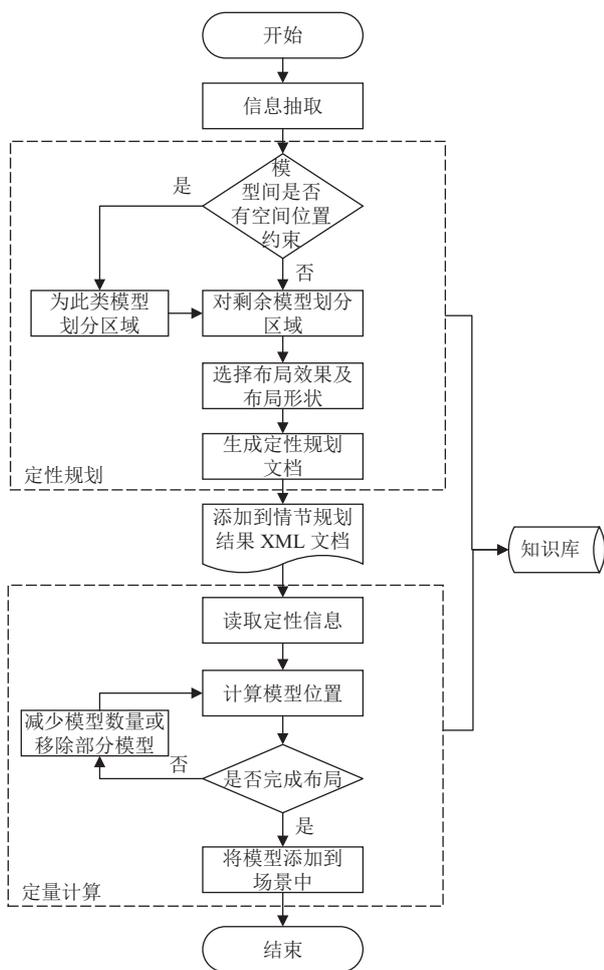


图2 分层布局系统流程图

本系统的本体库主要包含 Topic(主题类)、Template(模板类)、AnimationScene(动画场景类)、Object(模型类)、Layout(布局类)等。主题类包含短信的主题,模板类包含所有跟短信内容相关的模板,动画场景类包含已有的场景,模型类包含所有的模型,布局类包含所有的布局定性信息。

其中,布局知识库是基于系统本体库构建的,其是用来存储布局方案信息的。由于布局方案的设计需要用到场景和模型的信息,为此,在构建布局知识库时需要导入手机3D动画系统总的知识库,这样就可以利用这些信息推出具体的布局方案。之后建立一个布局类,然后分别按照布局形状和布局效果进行分类。

布局形状(LayoutShape)的分类如图3所示,主要分为点型(PointLayout)、线型(LineLayout)、三角形(TriangleLayout)和矩形(RectangleLayout)。同样的模型按照不同的形状进行摆放,可以使得布局结果更富有变化性,如图4所示为按照线型布局和三角形布局

的摆放效果对比。布局规划首要的任务是将模型都放置到可用空间中,这里说的放置不是对模型简单的码放,而是具有一定规则的或是有一定观赏性的摆放。本文选用按照形状的摆放方式,其不受模型所属类别的限制,是一种通用的布局方案。



图3 布局形状类示意图

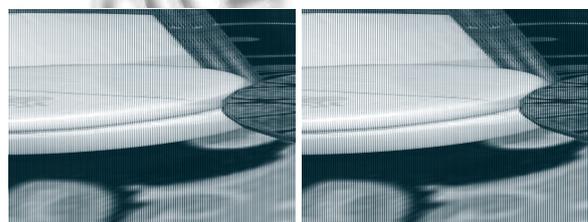


图4 不同布局形状摆放效果示意图

此外,本文的布局规划还参考了艺术领域中形式美的法则,通过调整不同大小的模型的摆放顺序表现出不同的布局效果(LayoutEffect),不同的布局效果又给人不同的视觉享受,从而使得本布局规划在一定程度上可以抽象的表现短信主题和情绪。布局效果的分类如图5所示,分为对比(CompareLayout)、秩序(OrderLayout)、随机(RandomLayout)、韵律(RhythmLayout)、对称(SymmetryLayout)五类,如图6为韵律布局和对称布局的摆放效果对比。



图5 布局效果类示意图

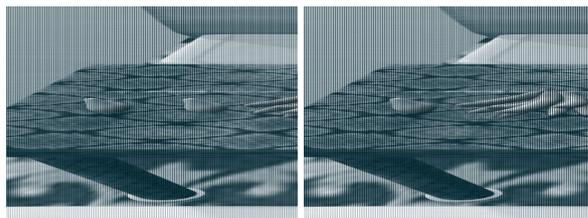


图6 不同布局形状摆放效果示意图

在对模型进行划分区域的时候还要考虑模型类之间的关系,如树类(Tree)与椅子类(Chair)之间有空间相邻的位置关系可以表现公园的场景,在知识库中的刻画如图7所示.此外,还有一种层叠的位置关系用来表示一种模型可以放置在另一种模型上面,如桌子上面可以放水果,这种关系还需要在知识库中刻画出模型上的可用空间大小、位置等信息,可用空间的刻画

如图8所示.



图7 模型类之间临近关系示例



图8 模型上可用空间的属性示例

3.2 布局规则库的设计

布局的定性描述存放在布局知识库中,而具体选择哪种布局方式则是通过布局规则库推理而来的.推理所使用的语言是 SWRL(Semantic Web Rule Language)^[4],它是由语义的方式来呈现规则的一种语言,其规则部

分是由 RuleML 所演变而来.

布局的规则包括布局效果的推理和布局形状的推理,布局效果可以抽象的表现情绪,所以其主要根据短信主题和模板推理得出,部分布局规则如图9所示.

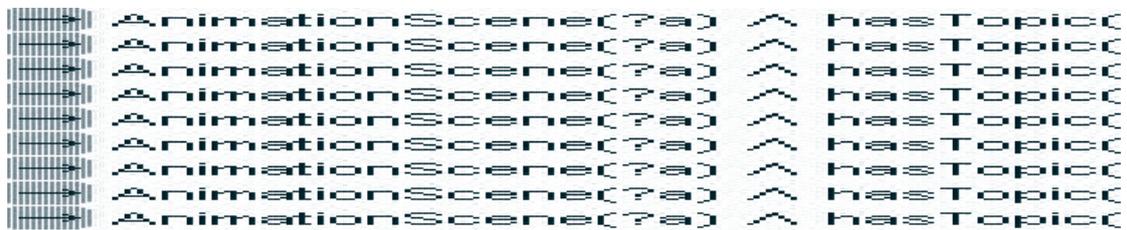


图9 布局规则示例

下面举例对布局规则给出简要说明,如:

$AnimationScene(?a) \wedge hasTopic(?a, ?t) \wedge GladTopic(?t) \wedge RhythmLayout(?l) \wedge layoutSuitableForTopic(?l, ?t) \rightarrow addLayoutToMa(?l, ?a)$

这条推理规则表示:给出一个动画场景(AnimationScene),短信的主题是高兴(GladTopic),有一种韵律布局效果(RhythmLayout)可以表现此主题,那么将这种布局效果添加到场景中.

布局形状作为一种通用的摆放方式,其与短信本身的关联性不大,主要与可用空间中模型数量有关,如三角形布局只能在模型至少为3个的时候才适用,规则

所添加的布局形状可以在定量计算时作为备选方案之一.如:

$AnimationScene(?a) \wedge hasSceneSpace(?a, ?s) \wedge hasModelNumber(?s, ?n) \wedge swrlb:greaterThanOrEqual(?n, 3) \wedge TriangleLayout(?s) \wedge layoutSuitableForNumber(?s, ?n) \rightarrow addLayoutToMa(?s, ?a)$

表示当场景可用空间中模型数量为3个或者超过3个的时候就把三角形布局添加到场景中.

3.3 定性规划流程

布局定性规划接收上层情节规划的内容,提取其中的主题、模板、场景、模型等信息,结合布局知识

模型放置在可用空间外面的情况. 以定性规划部分的布局规划结果为例, 对其进行定量计算后的布局效果如图 13 所示.

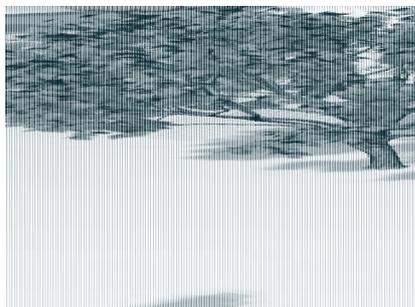


图 13 布局结果渲染截图

在计算的过程中, 有可能由于可用空间大小不足以放下所有模型的情况, 这时候就需要减少部分模型数量或者移除部分模型以避免布局失败, 而具体去掉哪些模型则需要考虑到多种因素. 在此引入一个可以评价模型重要程度的指标 TargetLevel, 综合考虑影响动画表现力的各个因素并定量的给出分值, 所有因素分值之和为模型最终得分, 分值从 0 开始, 数值越大表示此模型越重要.

目前考虑到的因素有四个, 分别为模型 target 属性值是否为 1、模型是否为有动作或面部表情的人物、模型是否含有可用空间、模型是否有变形效果. 在定性部分, 每个模型都会有一个 target 属性, 当属性值为 1 时表示此模型与短信相关程度较高, 为此当值为 1 时给此项因素 4 分, 否则给 0 分. 带有动作和面部表情的人物模型、带有可用空间的模型以及变形的模型都具有一定的表现力, 根据它们给动画带来的不同表现效果分别给予 3 分、2 分、1 分, 否则给 0 分. 计算出每个模型的重要程度分值, 当需要减少模型数量或者移除模型的时候可以根据此分值进行比较, 先去除分值较小的模型, 再对剩余模型进行计算, 这样做可以在一定程度上减少动画对短信的表达所带来的影响.

5 分层布局规划评估

布局规划所要达到的目标是有效性、多样性, 同时还要有一定的美观性. 即模型放到可用空间后是不应有模型重叠或者模型位置不在可用空间范围内的情况, 而且布局尽量富有变化, 同样的短信甚至同样的定性规划也能得出不同的布局结果.

本文对系统近三个月的短信测试结果进行统计, 从 2016 年 9 月 1 日到 2016 年 11 月 30 日成功生成动画的短信共有 387 条. 其中添加了布局规划并布局成功的共有 379 条, 布局有效率达 97.93%. 而造成布局失败的原因主要有两种, 一是没有添加模型, 二是添加的模型尺寸均超出可用空间范围. 从成功添加了布局的短信中选出一部分做了有效性、多样性和观赏性实验.

5.1 有效性实验

为了验证布局结果是否达到目标, 对布局系统进行了正确性实验, 输入一条短信, 查看生成的动画, 并手动检查渲染文件中各个模型位置是否正确.

短信内容: 这个苹果很甜, 很开心

```

...<rule name="maFra
name="room2_m
<rule addMod
type="mc
addModel:
<rule addMod
type="mc
addModel:
<rule addMod
type="mc
addModel:
<rule addMod
type="mc
addModel:

```

图 14 情节定性规划部分文档

如图 14 所示为短信的定性规划文档, 从图中可以看出, 此场景有一个可用空间 SP_room2_D, 要在此空间中放入的模型为三个苹果 (M_restaurantFruit_apple.ma)、一个茶壶 (M_teapot.ma)、一个一半的西瓜 (M_halfwatermelon.ma)、四个整个的西瓜 (M_fullwatermelon.ma). 通过对此文档进行分析, 可以得到短信的主题是喜悦 (GladTopic), 通过定性规则可以推出布局效果应该是韵律 (RhythmLayout), 接着对模型分类, 所有水果为一类, 茶具为另一类, 接着分别统计每一类中模型的数量并设置布局形状分别为三角形布局 (Triangle) 和点状布局 (point). 最后生成的布局定性规划结果如图 15 所示.

```

...<rule spaceName="S
area2_shape="T
addModelID4"
area1_name="a

```

图 15 定性规划结果

接着通过定量计算部分得到每个模型的位置, 并将模型放置到场景中, 最终的布局结果如图 16 所示.

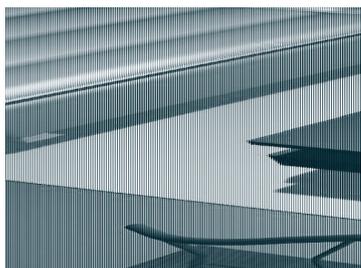


图 16 布局结果渲染图

5.2 多样性实验

选取 50 条短信, 对每条短信的定性规划结果运行 10 次定量计算, 最后统计出每条短信不同布局结果的数量, 最好的结果是十条结果都不相同, 最终添加的模型不同或者模型位置的不同都算作不同结果, 统计结果如图 17 所示.



图 17 布局规划多样性测试结果

由图中可以看出, 不同布局方式个数超过 5 种的短信为 40 条, 占 80%, 说明分层布局具有较好的多样性, 即使是同样的定性规划也能得出不同的布局样式, 如短信“来吃点水果吧”的不同布局结果有 6 种, 效果如图 18 所示.

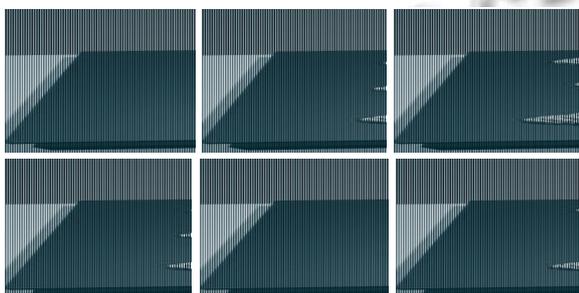


图 18 短信“来吃点水果吧”的布局结果

5.3 观赏性实验

系统最终是以动画的方式来呈现的, 这就要求布局不仅要模型放到场景中, 还要摆放的尽量美观, 为了评估布局规划的效果, 本文设计了调查问卷并从成

功添加了布局规划的短信中随机选取了 100 条进行开放性评估. 问卷设计了五个评价指标, 分别为“我认为动画的观赏性很好”、“我认为动画内容与短信内容相符”、“我认为动画中的物体摆放能够反映短信内容”、“我认为动画中的物体摆放合理”、“我认为动画中物体摆放的比较美观”, 所有指标都采用计分制, 最高分 10 分表示十分认同此观点, 最低分 0 分表示强烈反对此观点. 由于动画数量较多, 将 100 条短信分为 5 组, 每组短信发放 4 张问卷, 一共发放 20 张, 收回 20 张. 对调查结果进行统计, 结果如图 19 所示.

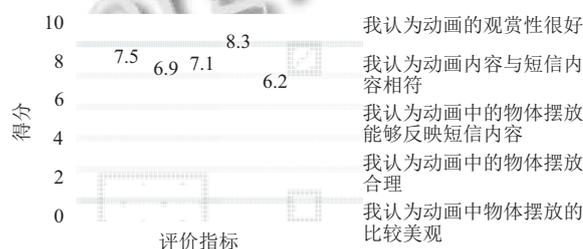


图 19 评价指标的平均得分

由图中可以看出, “我认为动画中的物体摆放合理”指标得分较高, 为 8.3 分, 说明使用分层布局规划进行物体摆放的效果不错, 具有一定的合理性. “我认为动画中物体摆放的比较美观”得分较低, 为 6.2 分, 说明要达到艺术领域的美学要求还是有一定难度, 系统仍有较大的改进空间.

6 相关工作

布局问题一直存在于人们的日常生活中, 很多专家学者也在对其进行研究, 研究主要集中在工程领域和艺术领域两个方面.

在工程领域中, 布局问题^[5-7]是指对物体进行最优组合优化摆放的问题, 主要出现在机械制造、玻璃切割、皮革服饰及大规模集成电路等领域, 其涉及多学科、多领域的知识, 属于复杂组合最优化问题. 工业生产中的布局问题主要集中在三维空间中, 如机床组合夹具的自动拼装、主轴箱内传动件的布置等, 由于其复杂多样性和在实际工业生产中的广泛应用而得到各个领域学者和研究人员的关注. 目前对此类问题的研究, 大都采用启发式算法和混合启发式算法^[8,9].

在艺术领域也存在布局问题, 室内设计中的陈设艺术就属于其中之一. “陈设”可理解为摆设品、装饰品, 也可以理解为对物品的陈列、摆设布置、装饰^[10].

在室内空间设计中,空间成为设计表达的重点内容,现代的陈设设计也逐步满足功能性、艺术性,而不再是将家装配饰随意的摆放.设计师在对室内物体进行布局设计的时候也会遵循形式美的法则,这些法则主要包含对比与统一、对称与均衡、比例与尺度、节奏与韵律^[11].

由此可见,不同领域对布局效果的要求也有所不同,工程领域注重功能性,艺术领域则偏向美观性.而在手机3D动画自动生成系统中的布局则需要同时兼顾这两方面,既需要把模型摆放的合理,也期望布局更加美观.

目前课题组内已经做了两版的布局系统,第一版是由朱珊^[12]完成的,其实现了将模型放入可用空间中并且保证了模型之间不会发生碰撞,使得生成的场景富有变化性,在第二版系统中,倪德娟^[13]设计出了多种布局样式,在一定程度上提高了布局的美观性,然而也存在布局相对固定、模型之间没有相关性等问题.

7 结语

布局问题是在满足一定约束条件下将物体摆放到一个布局空间中,在工程领域中属于复杂组合最优化问题.而手机3D动画自动生成系统中的布局问题是将给定的模型放置到场景的可用空间中,本文为满足系统对布局规划的要求,提出了分层布局的概念.首先将可用空间中的模型分类,为每一类划分一个区域,之后对所有区域进行布局规划,此为第一层布局,最后对每个区域进行布局规划,此为第二层布局.通过本系统可以实现将模型自动摆放到场景的可用空间中,并且具有一定观赏性.

由于组合爆炸,布局问题已被证明是NP-难问题.与之相比,本文采用的是基于知识的方法,可以把复杂度控制在线性时间内,但由于其覆盖面较小,如何设计出更加多样的布局方式以进一步提高丰富度将是以后研究的重点.

参考文献

- 1 Lu RQ, Zhang SM. Automatic generation of computer animation. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2002: 33–35.
- 2 陆汝铃, 张松懋. 从故事到动画片—全过程计算机辅助动画自动生成. 自动化学报, 2002, 28(3): 321–348.
- 3 邓志鸿, 唐世渭, 张铭, 等. Ontology 研究综述. 北京大学学报(自然科学版), 2002, 38(5): 730–738.
- 4 Reynares E, Caliusco ML, Galli MR. A set of ontology design patterns for reengineering SBVR statements into OWL/SWRL ontologies. Expert Systems with Applications, 2015, 42(5): 2680–2690. [doi: 10.1016/j.eswa.2014.11.012]
- 5 查建中, 唐晓君, 陆一平. 布局及布置设计问题求解自动化的理论与方法综述. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(8): 705–712.
- 6 刘椿年, 张昊. Seed-matrix 三维场景布局系统. 北京工业大学学报, 2008, 34(1): 97–102.
- 7 Dowsland KA, Dowsland WB. Packing problems. European Journal of Operational Research, 1992, 56(1): 2–14. [doi: 10.1016/0377-2217(92)90288-K]
- 8 Leung TW, Chan CK, Truott MD. Application of a mixed simulated annealing-genetic algorithm heuristic for the two-dimensional orthogonal packing problem. European Journal of Operational Research, 2003, 145(3): 530–542. [doi: 10.1016/S0377-2217(02)00218-7]
- 9 Bortfeldt A, Gehring H. A hybrid genetic algorithm for the container loading problem. European Journal of Operational Research, 2001, 131(1): 143–161. [doi: 10.1016/S0377-2217(00)00055-2]
- 10 田园. 室内陈设艺术与环境装饰. 北京: 清华大学出版社, 2014.
- 11 张绮曼, 潘吾华. 室内设计资料集-2: 装饰与陈设编. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- 12 朱珊. 手机3D动画自动生成系统中动画定量计算的设计与实现[硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2012.
- 13 倪德娟. 手机3D动画自动生成系统中空间布局规划的设计与实现[硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2014.