

基于遗传算法的家具造型创新设计

董春龙, 刘希玉

(山东师范大学 管理与经济学院, 山东 济南 250014)

[摘要] 提出了一种基于进化算法的交互式创新进化系统实现方法. 充分利用遗传算法的进化功能和 ACIS 平台的造型优势, 以基于树结构的遗传算法作为创新支持, 并基于 ACIS/Hoops 平台, 开发了一个原型创新进化系统. 可辅助设计师完成具有创意的造型设计. 实验表明, 遗传算法在创新进化系统中有很好的应用前景.

[关键词] 创新设计, 智能计算机辅助设计, ACIS/Hoops 遗传算法

[中图分类号] TP391.72 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2010)03-0078-04

Creative Design of Furniture Configuration Based on Genetic Algorithm

Dong Chunlong Liu Xiyu

(School of Management and Economy, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract This paper puts forwards an approach based on evolutionary algorithm in creative evolutionary systems. The method makes good use of the genetic algorithm's evolution function and ACIS's powerful modeling advantage, and genetic algorithm based on tree structure is a point of innovation. A creative evolutionary system is developed in ACIS/Hoops. It can produce some creative style designs. Experiments prove that genetic algorithm can improve the creative evolutionary systems.

Key words creative design, ICAD, ACIS/Hoops, genetic algorithm

随着社会的消费观念不断变化, 产品的创新性、外观造型的艺术性、宜人性、环保性等因素越来越受到重视, 在市场竞争中占据突出的地位. 这种趋势促使企业着手进行新产品开发时把面向产品的创新性、外观造型、人体工程等方面的设计提到一个新的高度, 从而也迫切要求对工业设计的研究能有进一步的突破, 以提高企业形象、产品设计水平和市场竞争力^[1, 2].

计算机辅助设计 (CAD) 改变了传统的设计方式. 由于人工智能技术的发展, 目前 CAD 技术正朝着智能支持方向发展. 智能计算机辅助设计 (ICAD) 帮助设计人员进一步减轻了工作负荷, 激发了设计创新思路, 缩短了产品开发周期. 进化计算作为计算智能的主要分支, 从 20 世纪 90 年代开始应用于许多设计领域和各个设计阶段. 以进化机制为主导的创新设计, 即进化设计, 具有进化计算的一切特点, 它比基于知识的推理设计、基于实例的类比设计等产品的 ICAD 得到了更多的应用^[3]. 事实上, 进化设计方法已经成为最重要的创新设计技术之一.

本文提出了一种基于进化算法的交互式创新进化系统实现方法. 以基于树结构的遗传算法作为生成 3D 组件的创新支持, 再对数据库中的组件进行二进制编码, 通过执行标准的遗传算法, 能生成不同的组合方案. 并基于 ACIS/Hoops 平台, 开发了一个原型创新进化系统, 可辅助设计师完成具有创意的产品家具造型设计.

1 ACIS/Hoops 平台

ACIS 是 Spatial Technology 公司开发的三维几何造型引擎, 它集线框、曲面和实体造型于一体, 并允许

收稿日期: 2010-06-28

基金项目: 山东省信息产业发展专项基金 (2008R00038).

通讯联系人: 刘希玉, 教授, 博士生导师, 研究方向: 进化计算、人工神经网络、数据挖掘. E-mail: xyliu@sdu.edu.cn

这3种表示共存于统一的数据结构中,为3D造型应用的开发提供了几何造型平台,可以利用它完成几乎所有所有的建模工作^[4]。虽然Acis具有强大的几何造型功能,但在可视化操作与交互方面能力不足,Acis的新版本也不再提供与.NET程序的接口。

Hoops 3D Application Framework (HOOPS/3DAF)是由Tech Soft America公司开发并由Spatial再次销售的产品。该产品为当今世界上领先的3D应用程序提供了核心的图形架构和图形功能,这些3D应用程序涉及CAD/CAM/CAE、工程、可视化和仿真等领域^[5-6]。有了HOOPS/3DAF,用户能够快速和有效地开发和维持高性能的用户应用程序,但其缺陷在于造型功能欠缺。

本文开发的原型系统基于Acis/Hoops双重平台,将Acis用于造型,通过将Hoops/3DAF与Acis集成,并用于显示Acis的造型。这样在开发过程中可取长补短,更好地管理开发成本,优化资源,缩短产品上市时间。

2 基于Acis/Hoops平台的创新进化系统实现方法

2.1 规则

规则是Acis对数学表达的符号化表示,它为应用程序提供了解决复杂数学问题的能力。规则是从任何的有限维欧几里得空间到另一个欧几里得空间的映射。规则的表达形式和方程类似,可用于几何体的定义以及实体造型中的数学问题求解。

规则在Acis内部是用一个C++树来表示的,通过这些类可以确定规则的维数、如何求解以及如何求出其某些变量的准确导数。基本的规则类为law,它定义了对数学方程公用的功能和方法,除此之外,还定义了其他几个直接派生于law的规则类。利用规则可以进行多种数学运算。应用程序可以通过规则的API函数和规则类使用Acis的规则功能^[7]。

根据ACIS规则的以上特点,本文把规则用于几何定义及造型,规则表示的曲线用Acis/Hoops平台生成并显示,再通过扫略等造型方法生成组件。根据规则的特点,将一个曲线的规则和一个二叉树对应起来,并利用基于二叉树的遗传算法进行3D组件的创新支持。

在本研究中,初始群体中的设计方案个体是由Acis3D组件构成的。3D组件按照不同家具分类,分别存放在数据库当中^[8]。数据库中的3D组件的来源有两种途径:

(1) 是基于树结构的遗传算法,在Acis/Hoops平台下生成并显示的。组件生成过程采用规则,规则采用二叉树结构进行编码,并对树结构表示的规则实施交叉、变异、算术运算等操作,产生新的后代。规则对应的曲线可以通过Acis/Hoops生成并显示出具有创意的二维图形。在此基础上通过扫略、拉伸等造型方法构造基本实体。

(2) 通过所开发的原型系统手绘二维草图后,通过系统的造型功能模块转换而来。

在草图绘制时候,两种方法可以互为补充。

系统总体结构如图1所示。

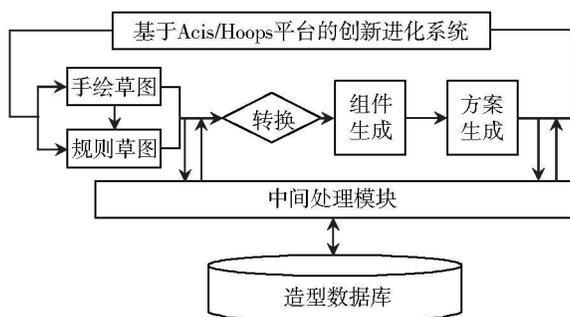


图1 创新设计系统总体结构

Fig.1 Innovative design system architecture

2.2 基于树结构的遗传算法 3D组件创新生成

标准的遗传算法采用的定长二进制编码,该方法的优点是基因表达细腻、问题编码较长,有利于求解

组合优化问题. 但该方法不够灵活, 且需要进行从编码域到问题域的映射. 对于编码域与问题域一致且编码长度变化较大的问题, 树结构的表示方法更为灵活^[2].

一棵数学表示二叉树是一个数学操作数及二元数学操作符的组成的有限节点集, 该集是空集或者是由根及两棵互不相交的称为左、右子树的二叉树组成. 二叉树的中序遍历序列是一个合法的数学表达式. 一棵数学表示的二叉树对应 A cis 中的一个规则, 规则最终生成二维图形.

2.3 遗传算法步骤

(1) 初始化种群

种群的初始化主要采取两种方式: 第一种方法是通过设计者或者用户手动输入表达式. 该系统为设计者提供浮动面板进行手动参数输入. 这种方式适合有一定数学基础的设计者和用户, 要求对所操纵的函数的性质有大致的了解; 第二种是随机组合方式. 无论多么复杂的数学函数都是由一些数学操作符、操作数以及数学函数通过复合来形成的, 初始种群的生成可以通过在有效的操作符和操作数的集合中随机选择生成. 然后再对生成的表达式进行有效性检测. 然后把表达式构造成为数学表示的二叉树. 如对函数 $y = x^* \sin(x) - x^3 + x$ 对应的二叉树表示为图 2 对应的 A cis 规则产生的曲线如图 3 所示.

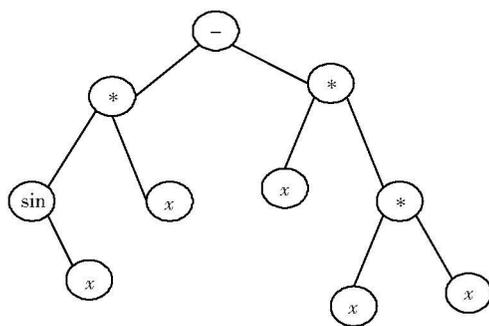


图 2 函数的二叉树表示
Fig.2 Function of the binary tree

通过对其扫略生成组件, 如图 4 所示.

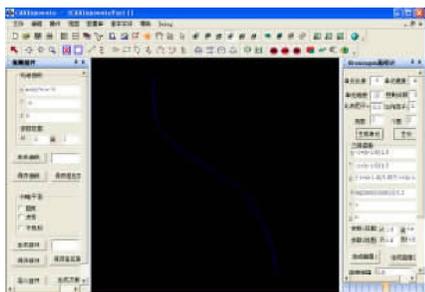


图 3 函数所生成的曲线
Fig.3 Curves from function



图 4 曲线扫略生成的 3D 组件
Fig.4 3D component from the curves

(2) 适应度设置

采用人工设置适应度值方法, 设计人员可根据所生成的二维图形对规则设置适应度值. 在二维图形的基础上生成三维图形. 设计人员也可以对所生成的三维造型进行适应度设置, 适应度高的三维造型可以直接保存到构件库, 或者根据生成的三维图形修改或重新设置其二维图形的适应度值.

(3) 根据适应度值形成新的种群.

(4) 对种群执行交叉、变异操作, 在操作的每个阶段都可以交互地为所生成的组件赋适应度值, 以备进行其他操作. 如图 5 所示.

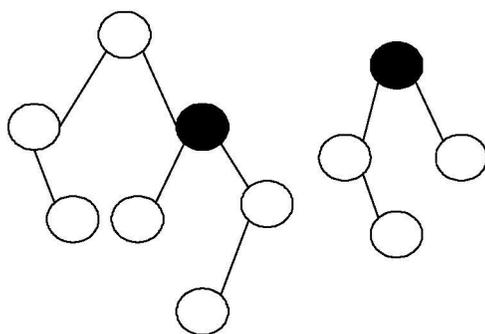


图 5 标有交叉和变异结点的二叉树
Fig.5 Binary tree with crossover and mutation node

(5) 如果用户不终止过程, 转 (2); 否则结束.

2.4 方案生成

方案生成功能模块是将已经生成的组件进行组合拼装, 经过渲染, 进而生成完整的方案. 系统中主要有两种方案生成方法: 按照文献 [10] 中的方法, 把数据库中的组件进行二进制编码, 生成不同的组合方案; 将生成的组件进行手动组合. 最终方案效果如图 6 所示.

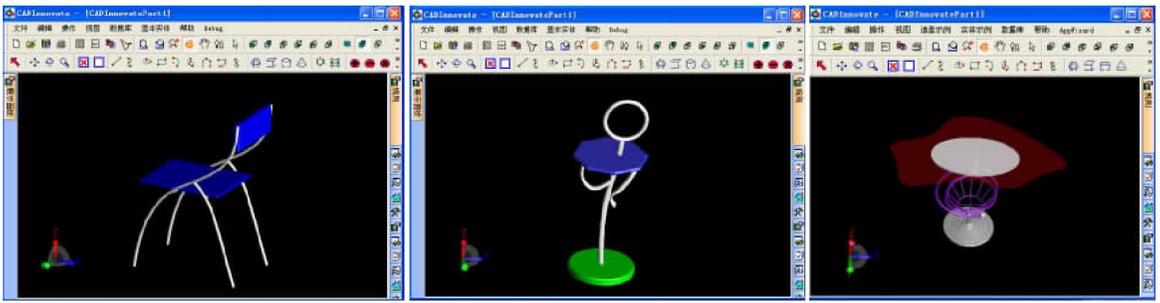


图6 生成的家具的效果图

Fig.6 Furniture products generated by combining 3D components

3 结语

本文介绍了基于 ACIS/HOOPS平台的创新设计系统中的一个功能模块—基于树结构的组件生成模块,提出了一种基于进化算法的交互式创新进化设计实现方法.首先,以基于树结构的遗传算法作为生成 3D 组件的创新支持,并在 ACIS/HOOPS平台下生成 3D 组件.其次,在优化工程中,提出通过人机交互方式对二维图形的函数适应度进行赋值,并可通过由此图形生成的 3D 造型进一步修改赋值.但也存在一个问题:在个体数目非常多的情况下,势必会加大设计师的工作量,降低系统的运行速度.在将来的研究中,还需要完善创新进化系统的用户接口,加快系统的进化速度,从而减轻设计师的负担.

[参考文献] (References)

- [1] 孙守迁, 黄琦, 潘云鹤. 计算机辅助概念设计研究进展 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(6): 643-649.
Sun Shouqian, Huang Qi, Pan Yunhe. Progress of research on computer-aided conceptual design [J]. Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2003, 15(6): 643-649. (in Chinese)
- [2] 刘弘, 刘希玉, 唐明晰, 等. 支持外观造型创新设计的计算机辅助设计环境 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(11): 1258-1264.
Liu Hong, Liu Xiyu, Tang Mingxi, et al. Supporting creative configuration design in a computer-aided design environment [J]. Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2003, 15(11): 1258-1264. (in Chinese)
- [3] 王吉华, 刘弘. 基于特征几何体的零件进化设计基因组研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(1): 21-27.
Wang Jihua, Liu Hong. Part genome base on geometry features in evolutionary design [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2009, 15(1): 21-27. (in Chinese)
- [4] 董洪伟, 周儒荣, 周来水, 等. 在 ACIS平台上开发三维软件 [J]. 计算机辅助工程, 2002, 12(4): 53-58.
Dong Hongwei, Zhou Runong, Zhou Laishui, et al. Developing 3D application software based on ACIS [J]. Computer Aided Engineering, 2002, 12(4): 53-58. (in Chinese)
- [5] HOOPS/Reference Application [EB/OL]. <http://www.spatial.com>, 2010.
- [6] HOOPS 3D Application Framework [EB/OL]. <http://www.spatial.com>, 2010.
- [7] 詹海生, 李广鑫, 马志欣. 基于 ACIS的几何造型技术与系统开发 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
Zhan Haiseng, Li Guangxin, Ma Zhixin. Geometry Modeling Technology and System Development on ACIS [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002. (in Chinese)
- [8] 许文杰, 刘希玉. 数据库存取技术在 CAD 系统中的应用 [J]. 山东大学学报: 理学版, 2007, 42(11): 73-77.
Xu Wenjie, Liu Xiyu. Application of database accessing technology in the CAD system [J]. Journal of Shandong University: Natural Science, 2007, 42(11): 73-77. (in Chinese)
- [9] Bentley P J. Generic evolutionary design of solid objects using a genetic algorithm [D]. Huddersfield UK: University of Huddersfield, 1996.
- [10] 刘进, 刘希玉. 一种基于遗传算法的创新进化系统实现方法 [J]. 计算机应用, 2003, 23(9): 70-72.
Liu Jin, Liu Xiyu. Implementation of creative evolutionary system based on genetic algorithm [J]. Computer Applications, 2003, 23(9): 70-72. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]