

一种基于 ACIS 平台的创新进化设计方法

董春龙, 刘希玉

(山东师范大学, 山东 济南 250014)

摘要:随着智能计算机辅助设计技术的发展,进化设计方法已经成为最重要的创新设计技术之一。众多的造型平台又为 CAD 系统的开发提供强大的支持。将遗传算法应用于创新设计时,容易受到造型工具和设计者自身创新能力的限制。文中提出一种将遗传算法和特定的造型技术相结合的创新设计方法。该方法充分利用遗传算法的进化功能和 ACIS 平台强大的造型优势,通过进化产生更具创意的产品造型,为设计者的创新设计提供更强大的支持。实验表明,该方法在创新进化系统中有很好的应用前景。

关键词:ICAD; ACIS; 规则; 遗传算法

中图分类号:TP391.7

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)01-0206-04

An Innovation Design Method Based on ACIS Platform

DONG Chun-long, LIU Xi-yu

(Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract: With the development of Intelligent Computer Aided Design, the importance of Intelligence design method has become more and more obvious. There are many 3D modelling platforms for the development of CAD system. It is limited by the modeling platform or the designers when the Genetic algorithm is applied to innovative design. This paper put forwards a genetic algorithm and particular style technique combined innovation design method. This method uses the genetic algorithm's evolution function and ACIS's powerful modeling advantage fully, generate more creative art form through the evolution, providing design inspiration for the designers. Experiments with several human subjects indicate that the approach is promising to develop creative evolutionary systems.

Key words: ICAD; ACIS; rule; genetic algorithm

0 引言

随着社会的发展和人民生活水平的不断提高,社会的消费观念也在随之变化。人们对产品优劣的评价也加入了更多的评价元素。产品造型的艺术性、产品的创新性等方面越来越受到人们的重视。在这种趋势之下,企业要想在激烈的市场竞争中脱颖而出,就要注重产品创新性的研究,进而提高企业的产品设计水平和市场竞争力。创新是工业设计的灵魂。以知识为基础的产品创新竞争是 21 世纪初全球制造业竞争的核心^[1]。创新设计是指在设计中采用新的技术原理、技术手段和非常规方法,在旧产品改进、新产品研制以及降低生产材料和能源的消耗、改进生产加工工艺等方面的设计。创新设计是产品设计过程中最富创意的环节,也是一项综合运用各种创造性方法进行的思维活

动。

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)改变了传统的设计方式。随着人工智能技术的发展,计算机辅助设计技术也在朝着智能方向发展。智能计算机辅助设计(Intelligent Computer Aided Design, ICAD)将智能技术与计算机技术相结合应用于设计,不但减轻了设计人员的工作负担,同时为设计人员提供了广阔的创新思路,提高了设计产品的竞争力。进化设计以进化机制为主导进行设计方案解得搜索,它具有进化计算的一切特点,目前在产品设计中得到重要应用^[2]。实际上,基于智能计算的设计方法已经成为最重要的创新设计技术之一。

计算机辅助设计技术发展的一个很重要的成果就是产生了众多的造型技术,如线框造型、曲面造型、实体造型等。目前已经有很多学者将智能算法和造型技术结合起来进行设计的研究,也产生了很多令人耳目一新的产品设计方案。但这些研究的特点多是将遗传算法和 CSG 相结合,这不但受到造型工具的限制,也容易受到设计师或用户自身创新能力的限制。

本文提出将遗传算法和 ACIS 中的扫略造型方法

收稿日期:2010-05-25;修回日期:2010-08-26

基金项目:山东省信息产业发展专项基金(2008R00038)

作者简介:董春龙(1982-),男,硕士研究生,主要研究方向为计算智能、创新设计;刘希玉,教授,博士生导师,研究方向为进化计算、人工神经网络、数据挖掘。

相结合,利用遗传技术的强大的进化功能和 ACIS 造型平台的几何造型优势,通过进化产生更具创意的产品,为设计师和用户的设计提供强大的创新支持。

1 ACIS 平台造型

ACIS 是 Spatial Technology 公司开发的三维几何造型引擎,它作为一个世界级的几何造型平台,集成了当今先进的造型方法与技术。ACIS 是一个实体造型器,但是线框模型和曲面模型也可以在 ACIS 中表示,它通过一个统一的数据结构来同时描述线框、曲面和实体模型,这个数据结构用分层的 C++ 类实现^[3]。ACIS 为各种 3D 造型应用的开发提供了强大的几何造型支持。ACIS 提供了很多种构造实体的方法,直接使用 ACIS 提供的扫略函数就可以构造出一些非常复杂的几何造型实体。扫略一般分为两种:垂直扫略和刚性扫略。将一个二维的截面沿着某一条路径进行扫略时,如果二维截面所在的平面与路径垂直,这种扫略方法称为垂直扫略;如果不垂直,则称为刚性扫略。

规则是 ACIS 对数学表达的符号化表示,其形式类似于数学教科书里的方程表达式。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,也就是数学函数,例如曲面可以认为是二维空间到三维空间的函数,而曲线则是一维空间到三维空间的函数^[4]。

本文利用扫略构造实体的过程如下:

(1) 利用规则来生成边界曲线。例如方程 $y = \sin(x + \cos(x) * x) * x^2$ 用规则表示如下:

$$\begin{cases} x = t \\ y = (1 + \sin(8 * t)) * t^2 * \cos(t) \\ z = 0 \end{cases}$$

(2) 利用(1)中生成的边界曲线来构造扫略的平面。其过程是:首先将生成的边界曲线转化为有向边,再将具有向边的首尾相连接,构成扫略用的闭合平面。在文中所用的扫略平面采用的都是平面,这是为了简化处理过程。

(3) 扫略路径的生成。文中扫略路径也是通过规则来构造的。扫略的过程通过 ACIS 平台自身提供的 API 函数完成。

通过规则生成的曲线是整个进化的基础,文中规则的产生主要通过以下两种方式:

1) 由系统使用者或设计师手动输入规则,来生成初始化父种群。这种生成方式要求对所操纵的函数的性质有大致地了解,对设计者或者用户的数学要求比较高,需要其有一定的数学基础。用户可以根据所生成的曲线图形来对规则进行动态调整或修改。另外,

用户可以根据实际需要输入规则函数变量的取值范围,最终生成的图形形状是由规则函数和函数变量的取值范围共同决定的。即使规则相同,变量取值范围不相同,最终生成的曲线也会有很大的不同,进而影响到最终实体的形状。当然规则函数变量的取值范围同样要求用户对系统和数学有一定的了解。

2) 由系统自动生成规则。数学表达式一般都是由数学操作符、数学操作数以及数学函数通过复合来形成的,可以充分利用数学操作符、数学操作数等这些基本的表达式元素来自动生成规则。当然,比较成功的规则案例是可以保存到数据库或者规则库中以备后来设计直接使用。

2 遗传算法

遗传算法是一种随机化搜索算法,它基于达尔文提出的自然界适者生存的原理,是建立在生物界自然选择原理和自然遗传机制基础上的,模拟了生物界中的生命进化机制,在人工系统中实现特定目标的优化。在遗传算法的运行过程中,它不对所求解问题的实际决策变量直接进行操作,而是对表示可行解的个体编码施加选择、交叉、变异等遗传操作,通过这种遗传操作来达到优化的目的,这是遗传算法的特点之一^[5]。由于遗传算法的特点,其在创新设计中也越来越被人们所关注。

自从美国 Michigan 大学的 Holland 教授于 1975 年提出遗传算法^[6]以来,它已在众多领域得到应用和发展。近些年来,国内外很多专家学者已经在进行将遗传算法应用于创新设计的研究。Peter Bentley 在他的专著中,综合了众多前人研究成果,系统化的描述了进化设计的理论框架^[7,8]。文献[9]中,Gero 等充分展示了进化通过学习,生成新的建筑造型。香港理工大学的 John Frazer 教授一直致力于研究智能计算在计算机辅助设计中的应用,并成功将遗传算法应用于建筑的创新设计中,产生了较好的建筑设计效果,成为遗传算法在建筑设计中应用的奠基者。刘弘、刘希玉和唐明晰教授在这个领域作了进一步的研究,研发了相关的开发环境^[10,11]。

2.1 编码

应用遗传算法时,首先要解决的问题就是算法的编码问题,它也是设计遗传算法时的一个比较关键的步骤。在创新设计中,编码方案的确定首先要考虑在产品造型中发挥作用的主要因素是什么。例如,用 CSG 方法生成实体过程中,实体的形状、大小等都可以被确定为编码的要素。文中通过扫略的方式构造实体,决定着生成实体形状的要素是扫略平面的形状和路径的方向,而曲面和路径都是通过规则扫略生成的,

所以可以用生成规则的规则函数以及函数变量的取值方位作为编码的基本要素。不但曲线可以用来作为进化的基因,构成曲线函数的操作符和操作数等函数要素同样也可以作为进化的基因。文中采用前者作为进化的基因;即基于规则来进行编码。其编码过程如下:

以规则作为编码基因,可以采用两种方式生成数学函数:一种是通过用户输入的方式进行生成,当然,这需要设计者或者用户对数学知识有一定的基础。第二种方式是自动生成的规则,通过系统自动提供的现成的函数来作为规则构造曲线。这个可以从数据库中或者保存的构建库中加以选择利用。用规则作为要素进行基因编码如图 1 所示。

C1	C2	C3	S1	S2	S3
----	----	----	----	----	----

图 1 基因编码

C1、C2、C3 表示三个规则的编号,采用实数进行编码。在生成初始父种群的过程中,这些规则可以采用前面提到的两种方法生成。如果规则是由设计者手动输入的,那么系统自动对规则进行编号,然后对已经编号的规则进行遗传操作。如果规则是从数据库或规则库中提取出来的,则规则个数的取值上线理论上是数据库或规则库中规则的总个数,当然所选择的三个规则可以相同。

S1、S2、S3 为所对应的取值范围,也是采用的实数编码。取值范围是非常重要的,它不但能决定所生成的曲线形状,如果取值范围不合理,甚至是不能生成曲线。即使所选取的规则分别满足自己的取值范围要求,在后来的进化过程中也是可能出现异常。为了保证函数的实际意义,需要使用者对取值范围进行必要的检查。

用规则作为基因进行编码,是有很多优点的。使用者可以比较直观地发现比较好的曲线造型,造型好的曲线也更容易被保存下来,选择进入下一代的进化当中。采用这种编码方法的缺点是存在子代有限取值和规则函数的定义空间受到一定的限制。尽管不同的排列组合可以产生多种变化,但变化的组合数还是受到规则库中规则数目的限制。

2.2 进化

进化过程中,用生成的曲线所对应的函数作为基本元素来产生进化方案。不管是交叉操作还是变异操作都用曲线作为基本单位。在进化的过程中,三个规则是保持不变的,但规则生成的曲线在图形中的相对位置是可以变化的。使用者可以手动输入三个曲线的函数以及函数变量的取值范围,完成之后系统会自动对这些函数进行编号;如果规则是用户从数据库中提取的,也是由系统进行编号之后,在进行交叉操作或者变异操作。图 2 表示的是在系统的某一次进化过程当

中产生的两个实体造型父个体的编码。

Cm1	Cm2	Cm3	Sm1	Sm2	Sm3
Cn1	Cn2	Cn3	Sn1	Sn2	Sn3

图 2 两个父个体的基因编码

在实体进行交叉操作的过程中,有两种交叉方式:单点交叉和多点交叉。单点交叉比较简单,就是通过一定的概率或者随机的在个父个体的某个基因位上选取一个交叉点,然后进行交叉操作;多点交叉要产生多个交叉点,然后进行交叉操作,交叉点可以在(C1,C3)和取值区间(S1,S3)分别选择。从多点交叉执行的最终效果上来看,多点交叉和多次执行单点交叉的结果类似,但是它对交叉点的要求要比单点交叉严格的多。使用者需要注意的是,在交叉过程中,函数区间和取值区间可能出现交叉,这是绝对不允许的。图 3 显示了由图 2 中的父个体交叉产生的一对子个体:

Cm1	Cn2	Cm3	Sm1	Sm2	Sm3
Cn1	Cm2	Cn3	Sn1	Sn2	Sn3

图 3 交叉子个体的基因编码

变异过程与交叉过程有相似之处,可以选择一个基因点进行变异,也可以选择多个基因点进行变异。图 4 显示了图 3 作为父个体变异产生的基因型。

Cm1	Cm2	Cp3	Sn1	Sn2	Sn3
Cn1	Cn2	Cp3	Sn1	Sn2	Sn3

图 4 变异子个体的基因编码

在进化过程中所生成的花瓶的表现型截图如图 5 所示。

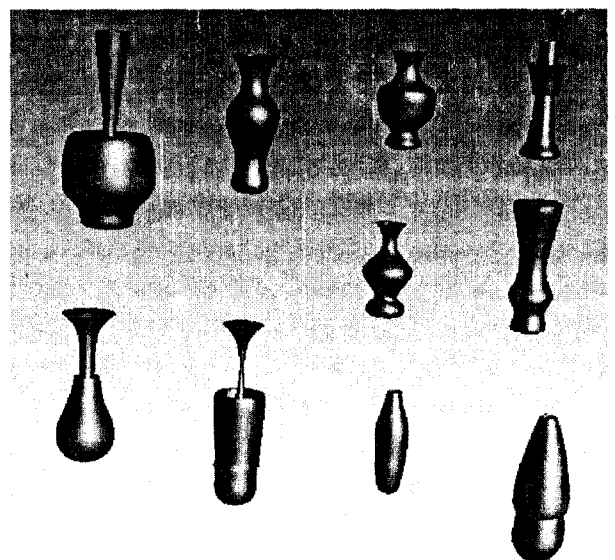


图 5 花瓶的表现型截图

2.3 评价

遗传算法(GA)是一个全局优化的搜索算法,在进化计算过程中一般无需借助外部信息,而直接凭借适应度值的计算来对个体的优劣进行评估,并以此作为

遗传操作的依据。然而在一些领域适应度函数的表达式很难明确地给出,通过计算难以得到^[12]。又由于设计存在较强的主观因素,所以本系统通过人机交互的方式进行评价。使用者为生成的每一代个体赋予权值,按照权值及相应概率选择一定数目的造型实体进入下一代继续进行进化。这样评价的优点是用户可以直观方便的选择自己满意的产品和方案,进而进行下一步的设计。设计者还可以根据需要对实体造型做进一步的修改,使之更加符合自己的设计意图。其缺点是当生成的实体数量巨大时,增加了使用者的工作负担,降低了系统的工作效率。

3 结束语

基于 ACIS 强大的造型平台,将 ACIS 的强大造型功能与遗传算法相结合,进行艺术品造型的创新设计。充分利用了遗传算法的进化功能和 ACIS 的造型优势。用规则作为基因进行编码,是有很多优点的。使用者可以比较直观地发现比较好的曲线造型,造型好的曲线也更容易被保存下来,选择进入下一代的进化当中。采用这种编码方法的缺点是存在子代有限取值和规则函数的定义空间受到一定的限制。尽管不同的排列组合可以产生多种变化,但变化的组合数还是受到规则库中规则数目的限制。由于设计的自由性和主观性,在适应度评价上,文中采用使用者交互赋值的方法,操作简单直观。实验结果表明,该方法可以帮助设计师设计出更具创新性的产品,在创新进化系统中有很好的应用前景。

(上接第 205 页)

刊以及续借快要到期的图书。可以预见,随着信息技术和日常生活结合越来越紧密,在未来的信息技术应用领域中,类似手机图书馆这样的 WAP 应用将在人们生活中扮演着更加重要的角色。

参考文献:

- [1] 王志勤,万屹,魏贵明. 3G 技术试验及标准研究进展介绍[J]. 电信网技术,2003(9):27-29.
- [2] 中国互联网络信息中心(CNNIC). 第 25 次中国互联网络发展状况统计报告[M]. 北京:中国互联网络信息中心(CNNIC),2010.
- [3] 陈礼娟,何辅云,徐明亮,等. 3G 技术及运用现状简介[C]//中国通信学会无线及移动通信委员会学术年会论文集. 北京:中国通信学会无线及移动通信委员会,2002.
- [4] 曹建. WAP 编程与开发实例教程[M]. 北京:电子工业出版社,2001.

参考文献:

- [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,2003,15:643-649.
- [2] 王吉华,刘弘. 基于特征几何体的零件进化设计的基因组研究[J]. 计算机集成制造系统,2009,15(1):21-27.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 王小平,曹立明. 遗传算法—理论、应用于软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社,2002.
- [6] Holland J H. Adaptation in natural and artificial systems[M]. Ann Arbor, MI:University of Michigan Press,1975.
- [7] Bentley P. Evolutionary design by computers[M]. San Francisco, Cal., USA: Morgan Kaufmann,1999:1-74.
- [8] Bentley P J. Generic Evolutionary Design of Solid Objects using a Genetic Algorithm[D]. Huddersfield, UK: University of Huddersfield, 1996.
- [9] Gero J S, Kazakov V. An exploration-based evolutionary model of generative design process[J]. Microcomputers in Civil Engineering,1996,11(4):209-216.
- [10] Liu Xi-yu, Tang Ming-xi, Frazer J H. An Eco-conscious Housing Design Model Based on Co-Evolution[J]. Advances in Engineering Software,2005(36):115-125.
- [11] 刘宏,刘希玉,马丽娜. 支持进化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(2):167-173.
- [12] 张萍,刘弘. 改进的 IGA 在建筑造型创新设计中的应用[J]. 计算机技术与发展,2008,18(7):250-253.

- [5] 林艺山. WAP 网站在图书馆服务中的应用[J]. 图书馆学研究,2007(4):37-39.
- [6] 詹舒波. WAP——移动互联网解决方案[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2000.
- [7] 孙萍. 基于 WAP 的图书馆移动服务系统的构建 WAP[J]. 图书馆理论与实践,2008(6):81-83.
- [8] Evjen B. ASP.NET 2.0 高级编程[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
- [9] 房晓溪. ASP.NET 手机网络设计教程[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008.
- [10] Butler M, Gibbs M. ASP.NET 移动控件编程[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [11] 吴磊,罗坤,冯天飞. WAP 开发使用指南[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.
- [12] Wildermuth S, Wightman J. ADO.NET 应用程序开发[M]. 北京:清华大学出版社,2010.