

面向三维辅助设计软件 SolidWorks 的学生作业 防拷贝检测系统开发

王淑侠, 荆晓珂, 高满屯

(西北工业大学机电学院, 陕西 西安 710072)

摘 要: 为防止学生对三维 CAD 作业的互相拷贝, 以 SolidWorks 文件防拷贝检测为例, 首先探讨 SolidWorks 文件的各种可能拷贝方式, 将其分为特征属性改变拷贝与特征属性不变拷贝两种; 然后对其分别提出对应的判断原理; 最后, 以 C++ 为工具开发了一个针对多种拷贝方式的检测系统。该检测系统通过读取 SolidWorks 文件的特征信息, 然后进行相关信息对比检测, 筛选出存在拷贝可能性的文件, 最终提供给教师进行人工判断。教学实践证明该方法可有效制止学生之间的 CAD 作业互相拷贝。

关 键 词: 拷贝检测; 三维 CAD 文件; SolidWorks

中图分类号: TP 311.5; TH 12

DOI: 10.11996/JGj.2095-302X.2017040603

文献标识码: A

文 章 编 号: 2095-302X(2017)04-0603-07

Plagiarism Detection System for Software SolidWorks of Students' Assignment

WANG Shuxia, JING Xiaoke, GAO Mantun

(School of Mechanical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shaanxi 710072, China)

Abstract: In order to prevent a student copying three dimensional CAD homework of others' students, the detection methods for copying SolidWorks documents are taken for example to analyze. Firstly, all the possible copy methods of SolidWorks Documents are analyzed, and they can be divided into two types which are constant feature properties copy and inconstant feature properties copy. Then, different detection principles are proposed to the copy methods. Finally, this paper develops a checking system for all kinds of copy methods with C++ programming language. The system can read feature properties of SolidWorks documents, and compare their similarities to find the possible copies for teachers. The practical application proved that the system can prevent students from copying others' documents efficiently.

Keywords: plagiarism detection; three dimensional CAD files; SolidWorks

机械制图课程的实践教学环节包括尺规绘图、计算机绘图能力的训练等, 但由于计算机绘图作业易拷贝, 教师不易管理, 因此目前实践多

仍以尺规绘图为主, 简单介绍计算机绘图工具, 对三维 CAD 软件的介绍则更是少之又少。三维 CAD 以不可阻挡之势进入了设计领域, 因此, 让

收稿日期: 2016-10-31; 定稿日期: 2016-12-26

基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2016JM6054); 浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室开放课题(A1615); 西北工业大学研究生创新创业种子基金(Z2017106); 西北工业大学校级探究式、研究型课程建设项目; 西北工业大学教育教学改革研究项目; 西北工业大学教学与考核模式改革项目

第一作者: 王淑侠(1978-), 女, 天津人, 副教授, 博士。主要研究方向为图学教育及计算机图形学。E-mail: 2008wangshuxia@163.com

学生了解和掌握三维 CAD 技术的应用是一项迫切的教学任务。如何将三维 CAD 技术的实践教学落到实处,并在全三维的模式下重构制图系列课程体系及教学内容^[1],从而实现“设计从三维开始”的教学目标^[2-3]已是图学教育工作者必须思考的问题。

传统的制图教学模式为绘图、读图。形体和视图对刚进入大学的学生来说很陌生,由于缺乏空间想象能力,容易造成对机械制图学习的不适应心理。为此,开展基于三维 CAD 软件的机械制图案例式教学研究有一定的实际应用价值^[4]。对比尺规绘图和二维计算机绘图,三维 CAD 软件建模不仅容易提起学生的绘图兴趣,还可以激发学生的创新思维,提高课程的教学质量^[5]。随着 CAD 软件建模的愈加方便、快捷以及供应商免费或优惠提供部分教学版软件,很多工科学校都相继开设了相关课程,并逐步以三维设计的方法来改革工程制图的课程体系和教学内容^[6]。但由于 CAD 作业易于拷贝抄袭,尽管教师认真检查,仍很难判断作业是否抄袭。在实际操作中经常出现的问题:①教师精力有限,不可能对每一个文件进行判断;②拷贝方式多变,难以确定所见文件是否拷贝所得,因此,为了节省教师的工作量并督促学生独立完成作业,对现有三维 CAD 软件进行二次开发获得一个自动防拷贝检测插件显得尤为重要。

二次开发是增值开发商或最终用户在软件开发商所提供的开发环境与编程接口基础上,根据自身的技术需求,进行新功能开发或软件环境定制的过程^[7]。目前,三维 CAD 软件的二次开发主要集中于标准件库^[8]和非标准件库^[9]的设计扩充,文献[8]和[9]分别完成了标准件法兰和非标准件卧式喷雾除氧器设计库的开发。此外还可以使用三维 CAD 软件本身的内置函数进行复杂线、面、体的计算^[10];文献[10]使用 SolidWorks 强大的三维建模能力进行发动机固体药柱的燃面计算,其高精度的计算结果优化了弹道性能的预估与发动机的设计。针对教学防拷贝的二次开发主要集中于二维设计软件,而三维 CAD 软件在防拷贝方面的二次开发在国内尚未见相关报道。潘亚娣和周洪军^[11]通过对比 AutoCAD 文件的系统变量 TDCREATE 的值来判别文件是否拷贝所得,若只部分地拷贝文件内容则系统无法判定。李迎春和申晨^[12]在其基础上又提出检测样条曲线的特征信

息,通过检测作业中自定的样条曲线起点与终点的正切值来判别,但该方法自定样条曲线易被单独修改,在三维 CAD 软件中较少用到样条曲线等自定义对象。谢来福和王志萍^[13]将学生计算机的 IP 或 MAC 地址作为水印信息嵌入至学生作业文件中,并根据提取图形的水印信息进行对比,但在 Windows 2000 以上版本的操作系统环境下,学生可很容易地修改 IP 和 MAC 地址值。王继东和赵瑞斌^[14]通过记录每块主板中不能改变的序列号进行 AutoCAD 绘图作业的比较检测,避免学生随意修改硬件标识符,该方法只能判断每个文件是否经过多个计算机进行编辑,但对于是否拷贝则没有明确的判断依据。大雄机械 CAD 是西北工业大学自主开发的二维 CAD 软件系统,通过在“新建图形”过程中,添加了强制性输入学号、姓名的步骤,并将其作为该图形文件的“特征标记”加密保存在图形文件中,该“特征标记”将作为后续是否允许拷贝、借用操作的判断依据,从根源上杜绝了拷贝的可能性^[15]。本校拥有该软件的自主知识产权,易于进行修改,并且 SolidWorks 文件基于特征且非拷贝方式也与二维 CAD 有所区别,所以无法直接应用于 SolidWorks 软件中。

本文针对三维 CAD 文件独有的特征信息与拷贝方式,提出了两种更加完善的判别方法,并基于组件对象模型(component object model, COM)技术对 SolidWorks 进行二次开发,得到防拷贝检测系统。该检测系统在实际应用中,取得了一定的教学效果。

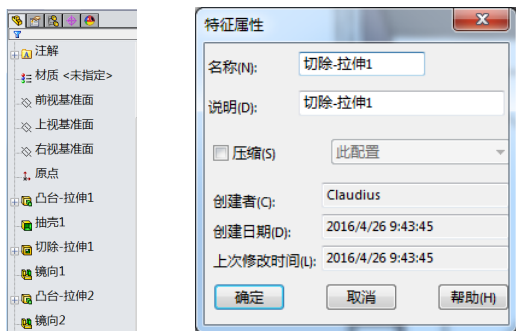
1 防拷贝检测方法

1.1 拷贝方式分析

由于绘图方式的不同,二维和三维 CAD 软件在文件拷贝方式是有所区别的。首先两者均可采用直接复制文件的方式进行拷贝,但该方法极易被发现,因此不常被采用;二维 CAD 软件可以通过打开文件后对部分内容进行拷贝、粘贴到另一个文件中,而三维 CAD 软件是基于特征的建模方式,各特征之间存在相互的依托关系,因此一般不会通过直接复制某些特征到另一个文件的方式进行拷贝,因此,本文不需将二维 CAD 中常见的部分拷贝作为重点进行检测。

SolidWorks 生成的零件文件是由一系列特征构成的,见图 1(a)所示,每个特征都有自己的特征属性,如图 1(b)所示。根据特征属性分类,本文将

SolidWorks 文件的拷贝分为特征属性不变与改变的两种拷贝形式。



(a) 特征树 (b) 特征属性表

图1 特征及特征属性

(1) 特征属性不变的拷贝。使用 Windows 系统自带的文件拷贝功能(即在不打开文件的情况下,直接复制粘贴文件),或打开软件后使用“另存为”功能进行拷贝,拷贝后,其特征属性(如“创建日期”属性,此后文中所有提及的“创建日期”均代表特征属性“创建日期”)不发生改变。其拷贝来源经常是同班级的作业,邻班级的作业以及往届同学的作业。

(2) 特征属性改变的拷贝。将 SolidWorks 拟拷贝的源文件另存为 step 或 igs 等其他文件格式后,再使用 SolidWorks 的特征重建功能来重新生成模型,并存为 SolidWorks 常用的文件格式中,此时模型中的每一个特征属性相比源文件都发生了变化。

1.2 检测方法

本文提出的基于特征属性检测方法,可通过对比特征属性“创建日期”对文件进行检测,其过滤掉大部分的非拷贝文件并筛选出拷贝可能性较大的文件,供教师进行再次人工检查,且无需学生安装插件与改变以往创建习惯。

但基于特征属性的检测方法理论上会将两份特征“创建日期”属性重合的、未抄袭的作业判定为存在拷贝可能,并且要求拷贝源文件与拷贝文件都在被检测范围内,因此显得不够严谨。针对其缺陷,本文提出了创建时信息录入的检测方法。信息录入检测是对检测创建文件时输入的个人信息进行筛选,由于该信息在输入后便无法更改,因此该检测方式较为严谨,但是需要学生改变以往的新建文件操作,并进行文件的创建与信息录入。

1.2.1 特征属性检测

对于拷贝文件最为简单、有效地判别方法是通过对比学生提交的三维 CAD 电子作业文件的外部属性(如文件大小,创建的时间等)来检测是否拷贝,教师只需要求学生将每次的作业放到同一个文件夹(即数据库),教师设置将文件按大小进行排序,如图 2 所示。此时便可轻松找到文件大小一致的可疑文件,然后通过后期比对,判定其是否为抄袭。这种方法简单、有效,但当学生知道教师会进行拷贝判断后,会对拷贝文件进行适当地修改,其外部属性就会随之发生改变,因此仅通过该方式进行判断的准确性并不高。

名称	修改日期	类型	大小
茶杯.SLDPRT	2014/8/1 20:26	SOLIDWORKS P...	361 KB
盒子.sldprt	2016/5/4 17:49	SOLIDWORKS P...	136 KB
碗.SLDPRT	2016/4/26 16:16	SOLIDWORKS P...	93 KB
餐桌.SLDPRT	2016/4/11 15:49	SOLIDWORKS P...	61 KB
茶具.SLDPRT	2016/4/11 15:49	SOLIDWORKS P...	61 KB
水壶.SLDPRT	2016/4/11 15:49	SOLIDWORKS P...	61 KB

图2 外部属性对比

(1) 特征属性不变的拷贝。通过分析发现, SolidWorks 文件中的部分特征属性如“创建日期”、“特征创建者”等均为系统只读常量,只要不是模型重建便不可更改。对于特征属性不变的拷贝,根据其拷贝来源不同分别提出对应的检测方式,过滤掉大部分的非拷贝文件并筛选出拷贝可能性比较大的文件,供教师进一步人工检查。

① 同班级内作业的拷贝, SolidWorks 文件中特征的“创建日期”精确到秒,而且由于机房内每台计算机时间不同且每个同学建模的开始时间与建模速度均不相同,一般“创建日期”不会不同,因此如果两个作业文件中有多个特征的“创建日期”完全相同,则其抄袭的可能性明显增大。单该项检测也可能将理论上两份特征“创建日期”属性重合的未抄袭的作业判定为存在拷贝可能。

② 往届同学作业的拷贝,检测学生作业文件中的“创建日期”,如果该时间远远不在教师布置作业与收作业的时间区间内,则判断其可能为抄袭。

③ 对于跨班级的拷贝,其检测方式与①相同,但此时需要将多个班级的作业统一进行检测,因为源文件与拷贝文件需在一个数据库内,如果不在同一检测范围,即使其为拷贝文件也无法检

测出。

(2) 特征属性改变的拷贝。即通过另存为改变文件格式为 step 或 igs 等,通过重新打开进行特征重建的拷贝文件,最后再另存为 SolidWorks 格式文件,2 次格式转换前后文件的大小均发生了变化,如图 3 所示。因其关键特征属性会随之变化(“创建日期”会变为特征重建操作系统的时间),如

图 4 所示,所以无法进行特征属性对比。但是由于这些特征由系统自动生成,故其特征的成型时间远远小于手动建模,因此检测其特征成型时间是否极短,可判断该特征是否有拷贝的可能。因对该类拷贝方式的检测只需针对独立文件进行特征属性对比,所以无需根据拷贝来源的不同进行分类筛选。

 盒子.SLDPRT 类型: SOLIDWORKS Part Document	修改日期: 2016/5/4 17:49 大小: 135 KB
 盒子.STEP 类型: STEP 文件	修改日期: 2016/10/26 18:37 大小: 43.2 KB
 盒子2.SLDPRT 类型: SOLIDWORKS Part Document	修改日期: 2016/10/26 18:40 大小: 115 KB

图 3 更改格式后模型重建

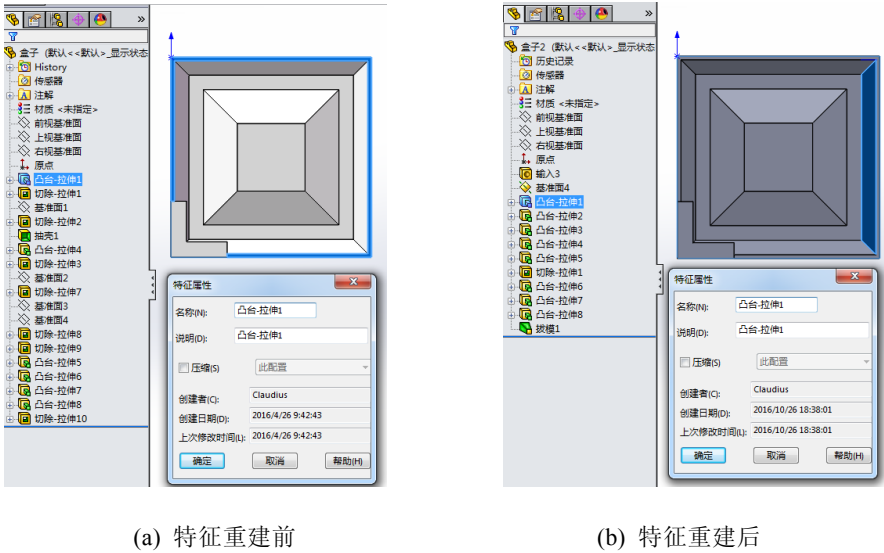


图 4 相邻特征的“创建日期”属性

1.2.2 信息录入检测

每个 SolidWorks 文件都有一些隐藏特征不对用户显示,如 FavoriteFolder, HistoryFolder 等,这些特征的信息属性设置与读取都只能通过调用应用程序编程接口(application programming interface, API)实现。信息录入检测方式要求学生在创建文件时输入自己的个人信息,并存储在这些隐藏特征的属性中,这些信息只能在创建文件时输入一次,此后便不可更改。学生提交作业之后,教师可以通过检测系统批量读取每份作业的录入信息并通过自动判断这些信息与规定的文件命名规则中的学生个人信息是否一致来判定该文件是否有拷贝的可能。

(1) 对于特征属性不变的拷贝。因直接拷贝所

得,其对应的隐藏特征的属性则不会发生改变,依旧记录的是创建时录入的个人信息,因此可直接检测该信息是否正确。

(2) 对于经过特征重建的拷贝文件。经过格式转换特征重新生成,所以该隐藏特征属性记录的信息会被删掉且无法重新输入,经检测系统读取后可直接筛选出来。

2 插件开发

2.1 插件模块

根据检测方法的不同,检测系统分为两个模块,即特征属性检测模块与信息录入检测模块,检测流程如图 5 所示。

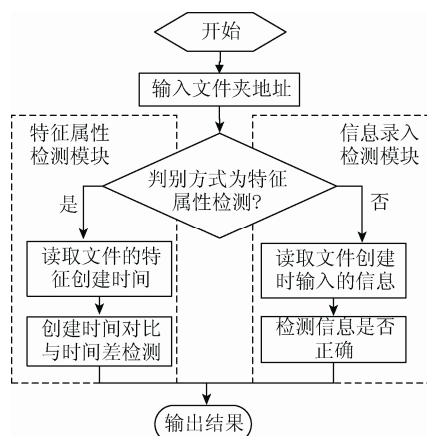


图5 检测流程图

2.1.1 特征属性检测模块

SolidWorks 每个特征建立时,软件会自动记录当前时间并保存到该特征的“创建日期”属性中,且该值为一个常量,不可更改。特征检测模块通过调用对应 API 对每个文件中特征的“创建日期”进行提取,依次对比并筛选出特征“创建日期”相同的文件、特征成型时间极短的文件以及特征“创建日期”不位于教师布置作业时间区间内的文件。获得特征“创建日期”的代码为:

```
BSTR date;
pFeature->get_DateCreated(&date);
```

(1) 对于特征属性不变的拷贝。本文的检测系统只检测所有文件前3个特征的“创建日期”。由于特征的“创建日期”精确到秒,若有两个或多个文件的前3个特征“创建日期”相同,则可判断这些文件存在互相拷贝的可能性极大,并且如果其特征“创建日期”不处于教师布置作业的时间区间内,也需筛选出来供教师进行判别。本文的判定算法使用了 multimap 容器,其 key 为文件中特征的“创建日期”,value 为文件地址,关键代码如下:

```
std::multimap<CString,CString> timeDocumentName;
getDateAddress(address,time);
timeDocumentName.insert(std::make_pair(time,address));
```

(2) 对于特征属性改变的检测。经过测试,一般较为简单的特征如凸台拉伸、拉伸切除等,手动绘图需一分钟左右,而使用软件的特征重建功能需 0.3 s 左右。而对于复杂的特征,手动绘图需要更长的时间,而特征重建所需时间基本不变。本文检测系统,通过对比每个文件中前3个特征的时间差,如果其“创建日期”差小于 10 s,则判断该文件可能通过特征属性改变方式进行拷贝所得。图6为相邻特征重建时自动生成的3个特征的“创建日期”对比,因其自动重建速度较快,相邻3个特征均在同一秒内完成。

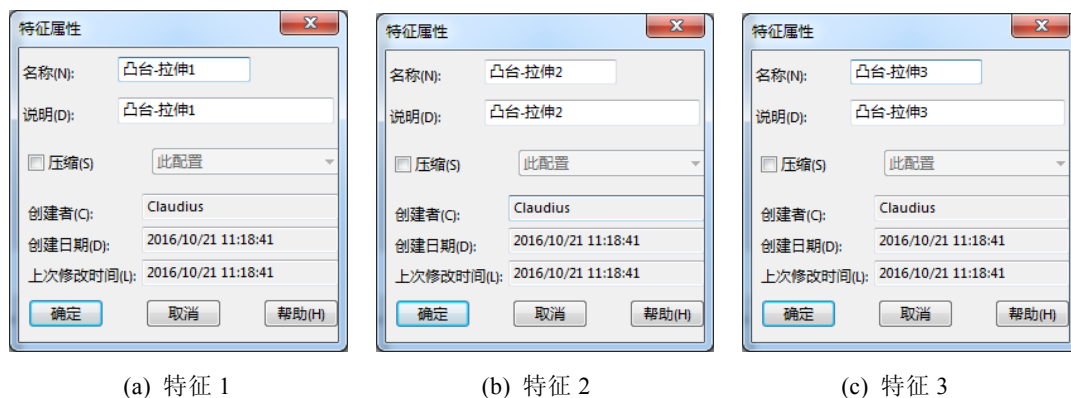


图6 特征重建后相邻3个特征的特征属性

创建日期比较需考虑到时间进位的影响,不能单纯的比较字符串,如:2016/4/26 9:59:59 与 2016/4/26 10:00:12 两个特征时间,后者明显晚于前者,但是字符串按照字典序进行比较,两个时间字符串的子串“2016/4/26”都相同,但是继续对比下一个字符“9”大于“1”,导致结果为前者大于后者。所以本文设计了一个时间类,将凡是涉及到时间比较的时间字符串都转换成距离某一个时间节点的秒数,通过其最小单位秒来表示每个时间点,可以精确地对比每个“创建日期”的差值,避免

了因为时间进位而导致的错误比较。

2.1.2 信息录入检测模块

信息录入检测模块分为学生录入端和教师检测端两个部分,学生录入端要求每个学生安装“信息录入检测”插件,用于学生新建文件时输入自己的关键信息,教师检测端则集成到检测系统中,用来读取文件中学生输入的关键信息并进行判断和筛选。

(1) 学生录入端。由于 SolidWorks 本身不提供更改现有功能的 API 接口,所以学生端需要提供新建文件和输入学生信息两个功能。因此学生端

要求学生新建文件时不能使用 SolidWorks 软件,新建文件需要通过学生端组件提供的菜单进行新建。关键代码如下:

```
CComPtr<IPartDoc>pPartDoc=NULL;
retval=iSwApp->INewPart(&pPartDoc);
```

本文提出的检测系统,要求学生输入自己的学号,并且自动存储在第一个隐藏特征 FavoriteFolder 的 MaterialUserName 特征属性中。关键代码如下:

```
VARIANT_BOOL t=1;
retval=iSwApp->get_IActiveDoc2(&m_iModelDoc2);
m_iModelDoc2->IFirstFeature(&pFeature);
pFeature->SetMaterialUserName(StudentNum,&t);
```

学生在点击按钮“新建文件”后会弹出模态对话框,提示学生输入自己的学号,点击“确认”进行存储。输入学号的对话框只会在通过学生端提供的按钮新建文件成功时弹出,确定后则无法进行更改。但是学生端会提供对应的查询按钮,供学生检查自己输入的学号是否正确。关键代码如下:

```
pFeature->GetMaterialUserName(&StudentNumCheck);
AfxMessageBox(StudentNumCheck);
```

经试验测试发现,进行文件拷贝时不会对录入的信息(即第一个隐藏特征的属性)进行更改,特征属性改变的拷贝则会删除掉该输入信息并且无法重新输入,所以相当于强制要求学生独立进行零件的绘制。

(2) 教师检测端。教师检测端作为另一种检测方式集成在防拷贝检测系统中,通过检测第一个隐藏特征的特征属性,判断该信息是否正确。本检测系统要求学生以自己的学号和姓名作为文件名来提交作业,因此系统通过判断其特征属性中的学号与文件名中的学号是否相同来判断该文件的特征信息是否正确。对于特征属性不变的拷贝,由于其拷贝过程中将其隐藏特征的特征属性同样进行了拷贝,因此其记录信息为原文件作者的学号,对于没有使用学生录入端新建文件或使用特征属性改变进行拷贝的文件,则得到字符串为空串。如果得到的字符串与文件名字中学号不相同,则筛选出该文件并记录。对于特征属性的检测使

用的 API 与学生端查询接口使用的 API 相同。

2.2 测试

SolidWorks 通过 COM 技术为用户提供了强大的 API 口,在 CAD 系统的开放式结构中,面向对象技术是 API 的主要形式。即系统的功能、数据和界面以对象的形式暴露给用户,由于目前已有大量的面向对象的编程工具,利用这些工具开发的应用程序,可以通过对象的属性和操作访问及控制系统^[16]。任何支持 COM 技术和对象连接与嵌入(object linking and embedding, OLE)技术的编程语言都可以作为 SolidWorks 的开发工具,如 VB、VBA、Delphi、C++等。用户通过对 API 的调用,可以在自开发的程序中对 SolidWorks 进行各种操作控制,完成零件草图的绘制和修改、零件各种特征的建立和修改、零件的特征信息、装配信息及工程图纸信息的提取等。

图 7 是信息录入检测系统工作的示例,创建信息检测的学生端如图 7(a)所示,学生输入自己学号并确定后会自动创建一个新的零件并更改第一个隐藏特征的属性。图 7(b)为教师启动检测系统后界面,在文件夹地址栏输入被检测文件的地址,布置作业时间区间,选择信息录入或特征属性检测方式,然后系统会自动执行,依次对文件夹内的所有文件的特征属性或创建信息进行读取并分析。

最终的检测结果如图 7(c)所示,该检测结果包含特征属性检测和信息录入检测两种检测结果,前 3 个显示框对应特征属性检测结果,第 4 个框显示信息录入检测结果。在本次特征属性检测中,特征“创建日期”属性相同、建模时间过短、“创建日期”不在布置作业时间区间内的文件都被罗列出来,包括源文件和拷贝文件,但是没有检测出源文件不在数据库中的拷贝文件;信息录入检测出了所有拷贝文件。此外,对应的更详细的检测结果也会存储到指定文本中,防止内容过多显示不全而导致疏漏。

两种检测方式的对比见表 1。

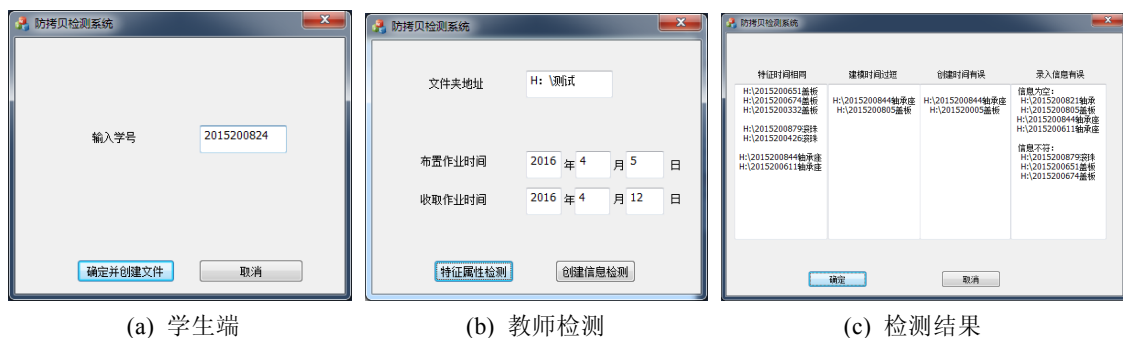


图 7 检测系统实例

表 1 两种检测方式的对比

检测方法	可检测的拷贝方式	判断原理
特征属性检测	普通拷贝	“创建日期”是否相同以及“创建日期”是否在教师布置作业的时间区间内
	变格式特征重建	判断特征成型时间是否小于阈值
信息录入检测	所有	检测文件创建时输入信息是否正确

3 结 论

SolidWorks 作业防抄袭检测系统操作简单、检测方式全面且准确度高，对于存在拷贝可能性的文件均可检测并筛选出来。对于创建信息录入模块，也可将关键信息存储在其他隐藏特征的特征属性中，防止学生有针对性地做出改变。如果学生端录入插件无法普遍应用，仅使用特征属性检测模块也可基本完成检测任务，但本文更推荐使用创建信息录入模块进行检测，因为该检测方式避免了拷贝源文件不在检测范围内的局限性。到目前为止，学生端信息的录入只能通过额外添加功能按钮来集成到 SolidWorks 软件中，导致使用者不得不改变以往的创建文件等操作习惯，因此本检测系统还有待进一步提高其集成度与操作友好性。

参 考 文 献

[1] 陈伯雄. 三维设计是 CAD 技术应用的必然趋势[J]. 智能制造, 2000(8): 11-13.

[2] 李苏红, 庞云阶, 林玉祥. 三维 CAD 技术课程的教学研究与实践[J]. 高等理科教育, 2005(4): 67-69.

[3] 窦忠强, 张苏华, 庞永军. 高校的 CAD 教学应从三维开始[J]. 图学学报, 2001, 22(4): 111-115.

[4] 杨金花, 朱鸣. 基于 SolidWorks 的机械制图案例式教学研究[J]. 机械工程与自动化, 2016(1): 210-212.

[5] 王淑侠, 王关峰, 刘援越, 等. 基于先进制图技术的多通道制图人才培养模式研究[J]. 现代制造工程, 2013(1): 134-137.

[6] 邓学雄, 熊志勇, 刘林, 等. CAD 大赛与我国 CAD 教

育现状分析[J]. 图学学报, 2013, 34(1): 111-115.

[7] 赵卫东, 柳先辉, 卫刚. CAD 软件二次开发平台实现技术[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(4): 512-516.

[8] 赵盼, 张燕, 薛峰, 等. 基于 SolidWorks 二次开发的零件三维参数化设计及装配[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(7): 1674-1679.

[9] 付正军, 沈景凤, 仲梁维, 等. SolidWorks 平台下的卧式喷雾除氧器的快速设计系统研究[J]. 现代制造工程, 2012(9): 103-107.

[10] 熊文波, 刘宇, 谢侃, 等. SolidWorks 二次开发在燃面计算中的应用[J]. 航空动力学报, 2008, 23(8): 1536-1540.

[11] 潘亚娣, 周洪军. 计算机绘图作业拷贝的检测系统[J]. 工程图学学报, 2005, 25(4): 159-162.

[12] 李迎春, 申晨. 基于 VB 的 AutoCAD 绘图作业拷贝智能检测系统[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(11): 39-41.

[13] 谢来福, 王志萍. 防止 CAD 作业拷贝方法的研究[J]. 机械管理开发, 2012(1): 183-184.

[14] 王继东, 赵瑞斌. AutoCAD 环境下作业拷贝检测系统的实现与应用[J]. 滁州学院学报, 2013, 15(2): 43-45.

[15] 贾国良, 王淑侠, 廖星, 等. 预防学生计算机绘图实验课作业抄袭的探讨[C]//第三届国际交互设计大会, 南京: 江苏美术出版社, 2013: 138-140.

[16] 李咏红, 杜平安. 面向对象的参数化 CAD 二次开发方法研究[J]. 电子科技大学学报, 2004, 33(5): 597-599.