Archive of SID

مجله مهندسی ساخت و تولید ایران، اسفند 1398، دوره 6، شماره 9، ص‌ص. 1- 12

ماه‌نامه علمی پژوهشی

مهندسی ساخت و تولید ایران

www.smeir.org

طراحی فرایند قطعات استوانه‌ای به روش واریانت و جنرتیو با استفاده ازمشخصه‌های Step فایل

امین سعیدی[1]، آیدین سلیمی اصل[2*]، مقصود شلوندی[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه پیام نور شهر ری، ری

2- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه پیام نور، تهران

3- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز، تبریز

* تهران، صندوق پستی 193954697، salimy@pnu.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل

دریافت: 28 فروردین 1398

پذیرش: 14 خرداد 1398

ارائه در سایت: بهمن 1398

کلیدواژگان:

برنامه‌ریزی فرایند

CAPP

استخراج مشخصه‌ها

برگه‌های مسیر

چکیده

در کارگاه‌های تولیدی و کارخانه‌ها برای تولید یک کالا مسیری را برای انجام فرایند تولید در نظر می‌گیرند. به دلیل انجام چندین فرایند برای رسیدن به یک محصول نهایی، مسیر فرایند تولید در برگه‌هایی ذخیره می‌شود. این برگه‌ها نشان‌دهنده مسیری است که یک کالا با توجه به آن مسیر تولید می‌شود. با ورود کامپیوترها به عرصه صنعت، برگه‌های فرایند تولید از طریق این سیستم‌ها ایجاد شدند. بعلاوه بعضی نرم‌افزارها توسعه پیدا کردند تا برنامه فرایند تولید را به‌صورت اتوماتیک ایجاد کنند که به سیستم‌های فرایند تولید کامپیوتری (CAPP) مشهور هستند. در این تحقیق نرم‌افزاری تهیه‌شده است که اقدام به شناسایی و استخراج مشخصه‌های قطعه نموده و داده‌های خامی را برای سیستم‌های CAPP ارائه می‌کند. این نرم‌افزار علاوه بر شناسایی و استخراج مشخصه‌های قطعات استوانه‌ای اقدام به ایجاد برنامه فرایند تولید به‌صورت نیمه اتوماتیک می‌نماید. قطعات بعد از شناسایی مشخصاتشان بر همین اساس دسته‌بندی می‌شوند و با مشخصه‌های مربوط به بانک اطلاعاتی که از قبل ایجادشده است مقایسه می‌شوند و درنهایت نرم‌افزار، یک یا چند برنامه فرایند مناسبی را برای قطعات پیشنهاد می‌کند. همچنین قطعات جدید می‌توانند دوباره در بانک اطلاعاتی برای استفاده ذخیره گردند. نرم‌افزار ایجادشده توسط چندین قطعه‌ی استوانه‌ای مورد آزمایش و راستی آزمایی قرار گرفت و نتایج رضایت بخشی را ارائه داد؛ بنابراین، این نرم‌افزار می‌تواند با دقت بالایی در کارگاه‌های ماشین‌کاری مورداستفاده قرار گیرد.

Process planning of cylindrical parts via by variant and generative methods and using of STEP file features

Amin Saeidi[1], Aydin Salimiasl[2*], Maghsoud Shalvandi[3]

1- Department of Mechanical Engineering, Peyame Noor University of Ray, Rey, Iran

2- Department of Mechanical Engineering, University of Peyame Noor, Tehran, Iran

3- Department of Mechanical Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

* P.O.B. 193954697, Tehran, Iran, salimy@pnu.ac.ir

Article Information

Original Research Paper

Received 17 April 2019

Accepted 4 June 2019

Available February 2020

Keywords:

Process planning

CAPP

Feature extraction

Route sheets

Abstract

A manufacturing route is defined for any product in all of the manufacturing workshops and the factories. Since, different numbers of processes are conducted on a product, the processing routes are saved on some manual sheets. These sheets show the details of process planning for any product during the manufacturing route. By entering the computers to industry, the route sheets started to be produced using of the computers. Moreover, some software's were developed to automatically produce the process planning programs which are known as Computer Aided Process Planning (CAPP) systems. In this research, a CAPP based software is developed for feature recognition and extraction of the cylindrical parts to provide the raw data of the CAPP systems. On the other hand, except for the feature extraction of cylindrical parts, this program is be able to create the process planning program in a semiautomatic manner using of its extracted feature data. After recognition and extraction of the features, the parts are classified and are compared with the created data base features and one or more process planning program is suggested finally. Also, the new parts again can be saved for using in the program data base. This program results were compared with a different number of created process planning route sheets and the results confirmed the program reliability. Therefore, this program can be used in machining workshops with a high accuracy.

Please cite this article using:

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

A. Saeidi, A. Salimiasl, M. Shalvandi, Process planning of cylindrical parts via by variant and generative methods and using of STEP file features, Iranian Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 6, No. 9, pp. 1- 12, 2019 (in Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

1- مقدمه

طراحی، برنامه‌ی فرایند و ساخت به نام‌های دیگری همچون، طراحی به کمک کامپیوتر (CAD)، برنامه‌ریزی فرایند به کمک کامپیوتر (CAPP) و ساخت به کمک کامپیوتر (CAM) تغییر نام داده و شناخته شده‌اند. بعد از ورود کامپیوتر به این عرصه‌ها تحقیقات بسیاری در این زمینه‌ها انجام شد. یکی از دلایلی که تحقیقات در این زمینه توسعه پیدا کرد کم کردن زمان ساخت و افزایش بازدهی تولید بود. ایجاد برنامه فرایند، به سیستم‌های کامپیوتری محول شد که به‌عنوان یک فنّاوری برتر برای تجمیع فرایند ساخت به کمک کامپیوتر (CIM به کمک طراحان فرایند شتافت. عمده‌ترین ایراد ایجاد برنامه به‌صورت دستی هدر رفتن زمان و وابسته بودن فعالیت‌ها به نیروی انسانی هست. در صورتی‌که استفاده از کامپیوتر می‌تواند شرایط را بهبود ببخشد. تصمیم‌گیری در مورد چگونگی فرایند ساخت و پارامترهای موردنیاز برای تبدیل یک ماده خام به یک محصول از اهداف CAPP می‌باشد. فعالیت‌های یک سیستم CAPP شامل تفسیر داده‌های طراحی، انتخاب ترتیب عملیات ساخت، انتخاب ماشین‌ابزار، انتخاب ابزار مناسب، پارامترهای ماشین‌کاری، انتخاب جیگ فیکسچر مناسب و محاسبه زمان و هزینه ماشین‌کاری می‌باشد [1]. این فعالیت‌ها بر پایه دو روش اساسی شکل می‌گیرند. این دو روش پایه و اساس سیستم‌های CAPP را تشکیل می‌دهند. این دو روش عبارت‌اند از روش واریانت[1] و روش جنریتیو[2]؛ که روش اول ابتدایی‌ترین روش در ایجاد فرایند تولید می‌باشد. ولی امروزه سیستم‌های CAPP به سمت روش دوم در حال حرکت هستند [2].

روش واریانت که گاهی به آن روش بازیابی نیز گفته می‌شود برای انتخاب برنامه فرایند تولید از کد دهی فنّاوری گروهی استفاده می‌کند و از برنامه‌های فرایند مشابهی که از قبل ذخیره‌شده‌اند استفاده می‌کند. درروش جنرتیو برنامه فرایند تولید بدون دخالت انسان ایجاد می‌گردد. این روش به‌طور اتوماتیک اقدام به ایجاد برنامه فرایند تولید می‌کند [3].

باوجود اینکه در ایران به این موضوع زیاد پرداخته نشده است پژوهش‌های مختلفی در حوزه CAPP در کشورهای مختلف انجام‌شده و در حال انجام می‌باشد. ردی و همکارانش [4] پژوهشی نرم‌افزاری در محیط جاوا توسعه داده و از استپ[3] فایل به‌عنوان ورودی استفاده کرده‌اند که بعد از استخراج و شناسایی داده‌ها آن‌ها را به یک برنامه CNC برای مرحله ساخت تبدیل می‌کند. دخالت کمتر نیروی انسانی و زمان کمتر ایجاد برنامه CNC و همچنین کاهش خطاهای انسانی از مزایای این نرم‌افزار می‌باشد. برنامه نوشته‌شده در این سیستم برای قطعات استوانه‌ای طراحی گردیده است. جایدر و همکارانش [5] در پژوهشی ارتباط جدیدی بین CAPP و سیستم CAD ایجاد کردند. استخراج و شناسایی مشخصه‌های این پژوهش بر اساس فایل استپ می‌باشد. این سیستم برای قطعات استوانه‌ای تست‌شده و نتیجه‌بخش بوده است المصباح و همکارانش [6] در تحقیقات خود برنامه‌ای توسعه داد که می‌تواند دو نوع مشخصه‌ایزولیتید[4] و اینترکتینگ[5] را شناسایی کند. این برنامه برای قطعات مکعبی ایجاد گردیده است و از فایل استپ به‌عنوان ورودی استفاده می‌کند. سیواکومار و همکارانش [7] هم در تحقیقات خود، برنامه‌ای را در زبان برنامه‌نویسی C++ برای استخراج مشخصه‌ها ایجاد کردند که می‌تواند مشخصات هندسی و موقعیتی قطعات استوانه‌ای را از استپ فایل استخراج نماید. این برنامه بعد از استخراج این مشخصه‌ها از مشخصه‌ها استفاده کرده و آن‌ها را به NC کد برای ماشین‌کاری قطعه تبدیل می‌کند. چی و همکارانش [8] در تحقیق خود استپ فایل را از نرم‌افزار UG CAD دریافت کرده و سوراخ‌های بن‌بست و سرتاسری را در قطعات مکعبی شناسایی کردند. بیتلا وینو و همکارانش در تحقیق دیگری برای شناسایی سطوح بی اسپیلاین از یک مدل کد با فرمت STEP AP203 استفاده کرده اند. این برنامه تحت جاوا کار می‌کند و توانایی شناسایی قسمتهای مختلف یک منحنی اسپیلاین را دارد[9].

در این پژوهش، برای انجام طراحی فرایند قطعات دوار و استوانه‌ای برنامه‌ای در محیط سی شارپ[6] و با تلفیق دو روش واریانت و جنرتیو جهت استخراج مشخصه‌ها و همچنین جهت فراخوانی برنامه فرایند ایجاد شد. این برنامه از سه بخش استخراج مشخصه‌ها، جستجو و مقایسه مشخصات استخراجی، ازنظر شباهت اشکال قطعات جهت ایجاد برنامه فرایند تشکیل‌شده است. این برنامه هم قادر به شناسایی مشخصه‌ها هست و هم دارای بانک اطلاعات می‌باشد که می‌تواند برنامه فرایند قطعات را ذخیره کرده و اگر احیاناً قطعه همانند و یا شبیه به آن به سیستم تولید وارد شود شناسایی کرده و برنامه فرایند آن را در اختیار تکنولوژیست قرار دهد. نتایج آنالیز این

[1] Variant
[2] Generative
[3] STEP

[4] Isolated
[5] Interacting
[6] C Sharp

www.SID.ir

Archive of SID

برنامه با نتایج قطعات واقعی مقایسه و تست گردیده که به‌صورت موفقیت‌آمیز می‌تواند در هر کارگاه ماشین‌کاری قطعات استوانه‌ای و با دقت بسیار بالایی مورداستفاده قرار گیرد.

2- ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم CAPP

یک سیستم ایجادکننده‌ی برنامه فرایند تولید نیازمند ورودی‌هایی می‌باشد تا با انجام عملیاتی بر روی آن‌ها بتواند اقدام به ساخت برنامه فرایند کند. ورودی‌های این سیستم‌ها عبارت‌اند از: 1) مشخصات مدل 2) اندازه‌ها و تلرانس‌ها 3) مواد 4) صافی سطوح 5) فرایند ماشین‌کاری و توانایی ماشین‌کاری [10].

با توجه به اینکه اطلاعات مشخصه‌های هندسی قطعه نمی‌توانند به‌طور مستقیم در سیستم‌های CAPP مورداستفاده قرار بگیرند؛ بنابراین واسطه‌ای به نام فنّاوری فیچر[1] وارد عمل شده تا بتواند اطلاعات مشخصه‌های هندسی قطعه را از سیستم‌های CAD به سیستم‌های CAPP انتقال دهد.

دو روش در زمینه فنّاوری فیچر وجود دارد:

1) روش طراحی توسط مشخصه‌ها (DBF)[2]

2) روش شناسایی مشخصه‌ها (AFR)[3]

در روش DBF شکل و فرم قطعه توسط مشخصه‌های از قبل تعریف‌شده ایجاد می‌گردد؛ یعنی قبلاً مشخصه‌هایی مانند شیارها، سوراخ‌ها و پاکت‌ها ایجادشده است و از کنار هم قرار دادن این مشخصه‌ها قطعه شکل می‌گیرد. این روش اطلاعات سطح بالا را برای ساختار قطعه استفاده می‌کند. این روش سرعت طراحی را افزایش و شناسایی مشخصه‌ها را آسان می‌کند اما در قطعات پیچیده‌ای که شامل مشخصه‌های از قبل طراحی‌شده نمی‌شوند شناسایی مشخصه‌های قطعه سخت خواهد بود.

در روش AFR از ورودی‌های هندسی سطح پایین مانند نقطه‌ها و خط‌ها و یا بردارها برای ایجاد قطعه استفاده می‌شود. درروش AFR امکان ایجاد سطوح پیچیده وجود دارد.

خروجی یک سیستم CAPP وظیفه ارائه خروجی‌های مناسب را بر عهده دارد. این خروجی‌ها عبارت‌اند از 1) انتخاب فرایند مناسب 2) انتخاب ترتیب عملیات تولید 3) انتخاب ابزار ماشین‌کاری 4) انتخاب شرایط ماشین‌کاری مناسب 5) انتخاب جیگ فیکسچر مناسب جهت نگه‌داری قطعه 6) محاسبه زمان تولید و هزینه آن [10، 11].

3- شناسایی و استخراج مشخصه‌ها

سیستم‌های CAPP برای ایجاد ارتباط با بخش CAD، یک سیستم کلی را برای استخراج و تفسیر اطلاعات طراحی از بخش CAD ایجاد نموده‌اند. بدون دخالت انسانی، تشخیص سطوح ماشین‌کاری و استخراج اطلاعات تکنولوژیکی و ابعادی کار بسیار سخت و دشواری می‌باشد. علاوه براین سیستم CAPP به‌تنهایی قادر به شناسایی و تشخیص شکل هندسی و سه‌بعدی قطعه‌کار نمی‌باشد. برای غلبه بر این مسائل روشی به نام فیچر بیسد[4] ایجاد گردیده است که در درون این روش شناسایی مشخصه‌ها انجام می‌گردد. شناسایی مشخصه‌های قطعه مانند پلی بین سیستم CAD و CAPP عمل کرده و امر شناساندن قطعه به سیستم ایجاد فرایند تولید را تسهیل می‌بخشد.

در سیستم‌های CAD قطعات را می‌توان به‌صورت سطوح مرزبندی شده ساخت و نمایش داد و داده‌های این سطوح مرزبندی شده را که به نام داده‌های B-REP می‌باشند را در فایل‌هایی ذخیره کرد. داده‌های B-REP شامل مشخصه‌هایی همچون بردارها، لبه‌ها و سطوح هستند که می‌توانند برای سیستم‌های CAPP مفید باشند. این داده‌ها در فایل‌هایی با فرمت استپ ذخیره می‌گردند و آسان‌ترین راه برای دریافت تمامی مشخصه‌های قطعه می‌باشند. البته اطلاعات قطعه در فرمت‌های دیگری مانندDXF, AGES و ... نیز ذخیره می‌گردند [12].

متأسفانه سیستم‌های CAPP به‌اندازه کافی هوشمند نیستند که این مشخصات را در ابتدای ورود قطعه به سیستم CAPP تشخیص دهند پس به یک سیستمی موردنیاز است که مشخصات قطعه را شناسایی و استخراج نماید. بخش شناسایی و استخراج اطلاعات وظیفه دسته‌بندی این اطلاعات را بر عهده دارد. در این میان چون شرکت‌های مختلف دارای قطعات مختلفی می‌باشند و روش‌های گوناگونی برای تبادل داده‌ها انتخاب می‌کنند بایستی یک روش استانداردی برای ارائه و تبادل اطلاعات در سیستم‌های CAPP ایجاد گردد. لذا استانداردسازی جهانی برای تبادل اطلاعات بین شرکت‌ها لازم و ضروری می‌باشد. فایل‌های استپ فایل‌هایی هستند که اطلاعات زبان برنامه‌نویسی CAD را در خود ذخیره می‌کنند. استاندارد ISO برای تبادل داده‌ها و اطلاعات مدل‌های سه‌بعدی استاندارد استپ را ایجاد کرده است. فایل استپ از زبان رسمی مشخصی به نام

[1] Feature technology
[2] Design By Features
[3] Automated Feature Recognition
[4] Feature - Based

www.SID.ir

Archive of SID

اکسپرس[1] برای ساخت اطلاعات قطعه استفاده می‌کند و در پروتکل‌های مختلفی مثل پروتکل‌های AP203، AP224، AP214 ارائه می‌شود که پروتکل AP203 برای مدل‌سازی قطعات مکانیکی و مونتاژی بر اساس داده‌های B-REP مورداستفاده قرار می‌گیرد. این فایل‌ها وارد سیستمی به نام شناسایی مشخصه‌ها شده و دران جا آنالیز می‌شوند و بعد از شناسایی اطلاعات درون این فایل‌ها مشخصه استخراج می‌گردند [13، 14].

4- مشخصه‌های فایل استپ

یک فایل استپ شامل اطلاعاتی است که تمامی این اطلاعات دربرگیرنده مشخصه‌های هندسی و مکانی قطعه می‌باشد. برخی از این نوشته‌ها که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌کنیم حاوی اطلاعاتی هستند که نوع مشخصه و دیگر ویژگی‌های آن را مشخص می‌کند.

CLOSED-SHELL: مجموعه‌ای از یک یا چند سطح که در یک فضای سه‌بعدی یک منطقه را محدود می‌کند و فضا را به دو منطقه تقسیم می‌کند، یکی محدود و دیگری بی‌نهایت.

FACE-SURFACE: یک نوع چهره که در آن هندسه توسط سطح، مرز و رأس مربوطه تعریف‌شده است.

FACE-BOUND: یک حلقه برای محدود کردن یک چهره استفاده می‌شود.

EDGE-LOOP: مسیری که در آن رأس‌های شروع و پایان یکسان هستند.

ORIENTED-EDGE: لبه ساخته‌شده از لبه دیگری (اصلی) و حاوی اطلاعات جهت است.

اگر اطلاعات جهت گنجانده نشده باشد، EDGE ORIENTED لبه اصلی خواهد بود.

EDGE-CURVE: یک نوع لبه است که هندسه آن به‌طور کامل تعریف‌شده است.

VERTEX-POINT: نقطه‌ای که هندسه‌ی یک رأس را مشخص می‌کند.

CARTESIAN-POINT: آدرس یک نقطه در فضای دکارتی.

اطلاعات در سطرهایی که شامل نوشته‌های زیر می‌شود ذخیره می‌شود و سطر به سطر خوانده شده و از هر سطر اطلاعاتی به دست می‌آید. با دسته‌بندی این اطلاعات می‌توان مشخصه را شناسایی کرد[13، 14].

```
ISO-10303-21;
HEADER;
/* Generated by software containing ST-Developer
 * from STEP Tools, Inc. (www.steptools.com)
 */
FILE_DESCRIPTION(
/* description */ (''),
/* implementation_level */ '2;1');
FILE_NAME(
/* name */ 'C:\\Users\\A.Saeedi\\Desktop\\Part1.stp',
/* time_stamp */ '2018-06-15T17:53:57+04:00',
/* author */ ('A.Saeedi'),
/* organization */ (''),
/* preprocessor_version */ 'ST-DEVELOPER v15.2',
/* originating_system */ 'Autodesk Inventor 2014',
/* authorisation */ '');

FILE_SCHEMA (('AUTOMOTIVE_DESIGN { 1 0
10303        214 3 1 1 }'));
ENDSEC;

DATA;
#10=SHAPE_REPRESENTATION_RELATIONSHI
P('SR        R','None',#75,#11);
#11=ADVANCED_BREP_SHAPE_REPRESENTA
TION(        $,(#38),#66);
#12=STYLED_ITEM($,(#83),#38);
#13=FACE_BOUND($,#20,.T.);
#14=CYLINDRICAL_SURFACE($,#42,10.);
#15=FACE_OUTER_BOUND($,#18,.T.);
#16=FACE_OUTER_BOUND($,#19,.T.);
#17=FACE_OUTER_BOUND($,#21,.T.);
#18=EDGE_LOOP($,(#28));
```

همان‌طور که مشاهده می‌شود فایل استپ شامل یک سری اطلاعاتی می‌باشد که در اولین سطر آن نوع فایلی که نرم‌افزار CAD آن را ایجاد کرده است مشخص‌شده است. در اولین سطر نوشته ISO-10303-21 نشان‌دهنده نوع و ورژن فایلی هست که نرم‌افزار سه‌بعدی ساز آن را مورداستفاده قرار داده است. بخش HEADER مشخصات فایل ذخیره شده و همچنین نرم‌افزاری که فایل را در تاریخ و زمان مشخصی ایجاد کرده و همچنین محل ذخیره و فرد طراح را در برمی‌گیرد. در بخش بعدی که DATA می‌باشد، اطلاعات اصلی قطعه در آن جای گرفته‌اند اطلاعاتی همچون مختصات نقاط، نوع مشخصه‌ها، مکان مشخصه‌ها و جهت شکل‌گیری مشخصه‌ها. تمامی مشخصه‌هایی که در یک قطعه وجود دارد در سطری به نام CLOSED_SHELL نوشته می‌شود. سطرهایی که مربوط به مشخصه‌ها می‌باشد با علامت # نشان داده می‌شوند و با این علامت از دیگر نوشته‌ها متمایز شده‌اند. سطرهای ستاره‌دار شامل بخش معرفی مشخصات اولیه قطعه می‌باشد و توضیحات اولیه قطعه را در خود جای‌داده است [13].

[1] Express

www.SID.ir

Archive of SID

5- مواد و روش‌ها

در این مقاله نرم‌افزاری ایجاد شده است که به شناسایی و تشخیص مشخصه‌های یک قطعه استوانه‌ای که جز بخش‌های ورودی یک نرم‌افزار CAPP است می‌پردازد. برای مدل‌سازی از نرم‌افزار Inventor14 استفاده شده است. از این نرم‌افزار فایل استپ قطعات مدل‌سازی شده استخراج می‌شود و سپس فایل استپی که در برنامه CAD ایجاد گردیده به‌عنوان ورودی، وارد نرم‌افزار شده و نرم‌افزار بعد از تشخیص و شناسایی مشخصه‌های قطعه، اقدام به استخراج مشخصه‌های هندسی آن‌ها می‌کند. سپس در مراحل بعدی از این مشخصه‌ها و مشخصه‌های هندسی استفاده شده و برنامه فرایند تولیدی برای قطعه ایجاد می‌گردد. همان‌طور که اشاره گردید این نرم‌افزار صرفاً به استخراج و شناسایی مشخصه‌ها نمی‌پردازد بلکه در ایجاد برنامه فرایند تولید نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش کار آن بدین‌صورت است که یک بانک اطلاعاتی از فرایندهای تولیدی در نرم‌افزار از قبل ایجاد می‌شود و نرم‌افزار با الگوریتم‌های شناسایی که نوشته شده است اقدام به یافتن نزدیک‌ترین و شبیه‌ترین قطعه ازلحاظ هندسی به قطعه جدید می‌کند و بعد از یافتن شبیه‌ترین قطعه می‌توان از فایل برگه فرایند قطعه یافته شده استفاده کرد و برنامه فرایند جدیدی نوشت. در انتها می‌توان برنامه جدید ایجادشده را همراه با قطعه به بانک اطلاعاتی افزود و آن را توسعه داد. در واقع این نرم‌افزار جزو نرم‌افزارهایی دسته‌بندی می‌شود که به آن‌ها نیمه جنرتیو[1] گفته می‌شود؛ بنابراین از روش جنراتیو برای شناسایی و استخراج مشخصه‌ها و سپس از روش واریانت برای به دست آوردن برنامه فرایند تولید استفاده می‌کند. شکل 1 الگوریتم مربوط به نرم‌افزار را نشان می‌دهد.

6- نتایج و بحث

نرم‌افزار شامل سه بخش یا ماژول به نام‌های FORM 1- OPEN FILE FORM- COMPARE FORM می‌باشد که این قسمت‌ها معرفی می‌شوند.

6-1- بخش اول ماژول فرم 1 (Form 1)

بعد از کلیک کردن بر روی آیکون نرم‌افزار صفحه اول نرم‌افزار ایجاد خواهد شد. اولین صفحه از اولین ماژول نرم‌افزار پدیدار خواهد شد. اولین بخشی که در نرم‌افزار بعد از فراخوانی به مرحله آمادگی می‌رسد ماژول FORM 1 می‌باشد. شکل 2 اولین صفحه از نرم‌افزار را نشان می‌دهد.

این بخش از نرم‌افزار به شناسایی و استخراج مشخصه‌ها اختصاص‌یافته و ماژول‌های دیگر برای ایجاد برنامه فرایند تولید و جستجوی موارد ذخیره‌شده مربوط می‌شوند. در این صفحه آیکون‌هایی برای شروع عملیات استخراج اختصاص داده شده است.

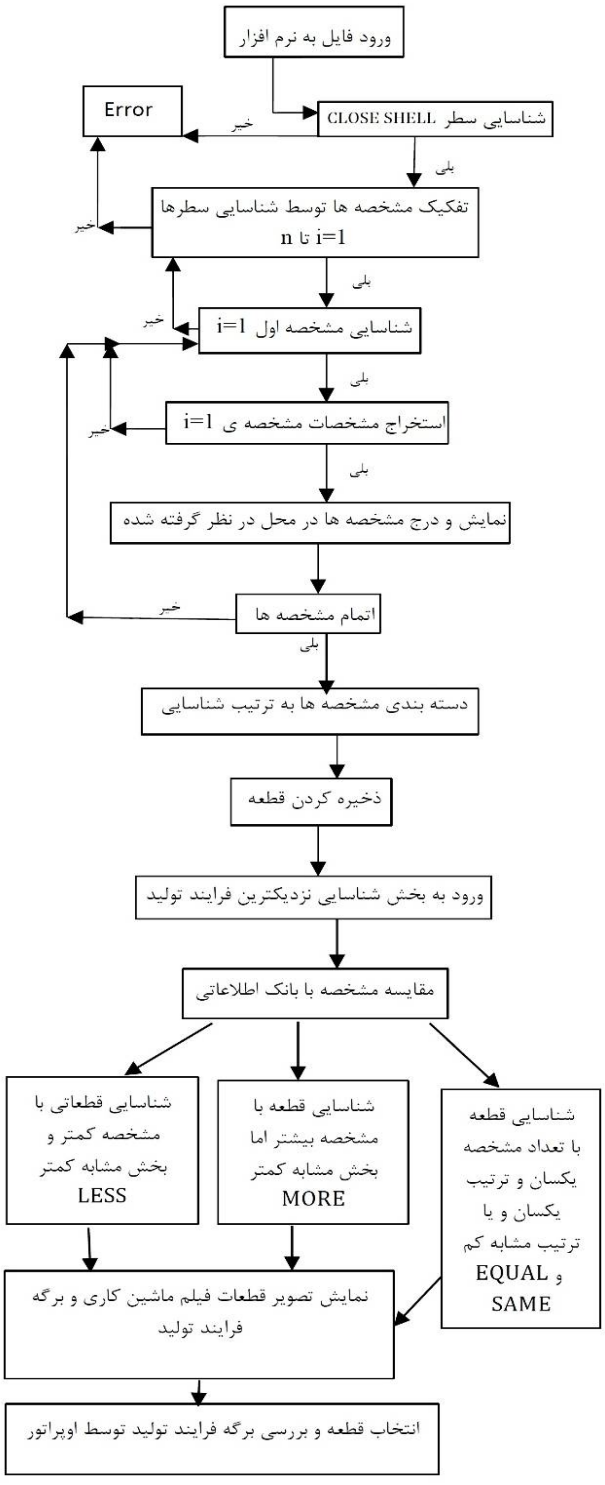

Fig. 1. The software algorithm

شکل 1 الگوریتم نرم‌افزار

[1] Semi generative

www.SID.ir

Archive of SID

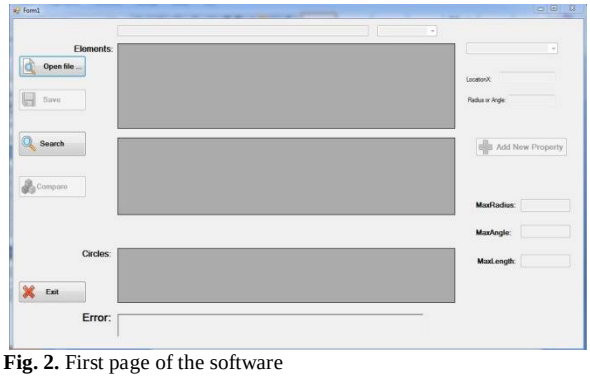

Fig. 2. First page of the software

شکل 2 اولین صفحه از نرم‌افزار

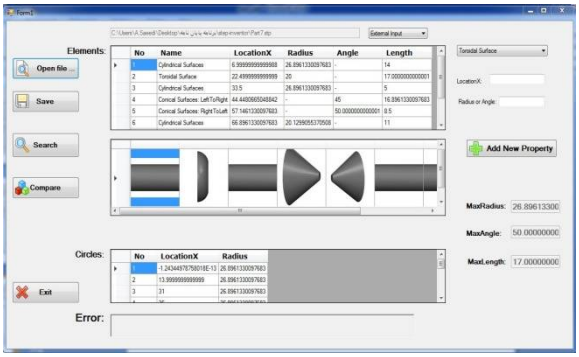

Fig. 3 Feature recognition section

شکل 3 بخش شناسایی مشخصه‌ها

برخی از این آیکون‌ها در ابتدای کار به حالت فعال هستند و برخی دیگر خاموش می‌باشند. فایل استپی که در مسیر مشخصی از کامپیوتر ذخیره‌شده است می‌تواند توسط آیکون OPEN FILE وارد نرم‌افزار شود. در نرم‌افزار این قابلیت گذاشته شده است که با کلیک کردن بر روی آیکون OPEN FILE صفحه‌ای جدید باز می‌شود و می‌توان در آن صفحه به جستجوی فایل استپ موردنظر اقدام کرد. بعد از کلیک کردن بر روی آیکون OPEN FILE صفحه جدید ایجاد می‌شود.

در صفحه جدید می‌توان فایل استپی که در بخشی از کامپیوتر ذخیره‌شده است را پیدا کرد و آن را به نرم‌افزار انتقال داد. بعد از باز کردن فایل استپ، نرم‌افزار آن را به شکل 3 تغییر خواهد داد.

لازم به ذکر است که فرمت‌های سه‌بعدی نمی‌توانند وارد سیستم شوند فقط باید فایل مربوطه استپ باشد. همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد از قابلیت‌های این نرم‌افزار این است که مشخصه‌های داخلی و خارجی را می‌تواند شناسایی کند. با باز کردن سربرگ کوچک در کنار مسیر ذخیره‌شده فایل که در بالای صفحه قرار دارد می‌توان به دو مورد داخلی و خارجی بودن قطعه اشاره کرد. بخش Internal و External نرم‌افزار این قابلیت را فراهم می‌کند که وقتی‌که قطعه به‌عنوان یک فایل جدید به بانک اطلاعاتی اضافه می‌شود، مشخص شود که در بخش مشخصه‌های داخلی ذخیره گردد و یا در بخش مشخصه‌های خارجی. در بخش Elements تمامی مشخصه‌های موجود در قطعه همراه با مشخصات هندسی و موقعیتی شناسایی و استخراج‌شده و در فهرستی جمع‌آوری می‌گردد. اگر مشخصه‌ای استوانه باشد با نوشته Cylindrical Surfaces مشخص می‌شود و با شعاع و موقعیت مکانی آن نسبت به محور Xها و طول آن نشان داده می‌شود. اگر مشخصه مخروطی باشد آن را با نوشته Conical Surfaces مشخص می‌شود.

اگر مشخصه‌ای قوس بزرگی باشد و یا فیلت کوچکی باشد با نام Toroidal Surface در لیست نشان داده می‌شود و مشخصات مکانی و شعاع قوس و طول آن مشخص می‌شود. با کلیک بر روی هر مشخصه می‌توان شکل مربوطه را پیدا کرد. مخروط‌های چپ و راست، استوانه‌ها و قوس‌ها با شکل‌های مربوط به خود ایجاد گشته‌اند. این امر کمک می‌کند تا اجزای شناسایی‌شده همراه با شکل نیز قابلیت مشاهده داشته باشند. همان‌طور که قبلاً بدان اشاره شد هر مشخصه در قطعات استوانه‌ای از دو دایره و یک سطح تشکیل‌شده که فضای بسته‌ای را ایجاد می‌کند. در این نرم‌افزار مشخصات مکانی و شعاعی این دوایر نیز استخراج می‌گردند. در بخش انتهایی که مربوط به Errorها می‌باشد خطاهایی که نرم‌افزار تخصیص داده است نمایش داده می‌شوند. برای نرم‌افزارهای CAPP و یا برنامه نویسان برنامه فرایند تولید دانستن بزرگ‌ترین شعاع یا بزرگ‌ترین زاویه از اهمیت زیادی برخوردار است. لذا بخشی به این امر اختصاص داده شده است که در این بخش بزرگ‌ترین شعاع، بزرگ‌ترین زاویه و بزرگ‌ترین طول مشخصه‌ای که یافته شده است را می‌توان مشاهده نمود. بزرگ‌ترین شعاع در بخش Max radius بزرگ‌ترین زاویه در بخش Max angle و بزرگ‌ترین طول در بخش Max length قابل مشاهده است. در صفحات قبلی بدین اشاره شد که فایل استپ شامل سطرهایی می‌باشد که در این سطرها اطلاعات قطعه نوشته شده‌اند این اطلاعات به نام B-REP می‌باشند در واقع اطلاعاتی که در فایل استپ ذخیره می‌شوند تمام مرزهای محدودی هستند که توسط مشخصه‌هایی مرزبندی شده‌اند. تشخیص این مرزها و مشخصه‌ها در درون فایل استپ گاهی بسیار مشکل می‌باشد و برنامه‌نویسی بسیار طولانی و قدرتمندی را می‌طلبد. به‌عنوان مثال وقتی قوسی ایجاد می‌شود که شعاع ان بیشتر از فاصله مرکز قوس از خط محور قطعه است در این صورت نرم‌افزار CAD این قوس را به‌صورت Toroidal Surface ایجاد نمی‌کند بلکه نوشته‌های دیگری که توضیحات اضافی‌تری

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به حالت عادی دارند را در درون استپ فایل گماشته می‌شود. نوشتن برنامه‌ای که چندین سطر را به‌طور زنجیره‌ای به هم متصل کند و مشخصه قوس را از درون آن‌ها شناسایی نماید کاری شدنی است اما بسیار طولانی و زمان‌بر است لذا بخشی در نرم‌افزار ایجادشده تا موارد خاصی که بر روی قطعه به وجود می‌آید بتوان بدون هدر دادن وقت و یا احتمال خطای زیاد مشخصه‌های آن را در لیست گماشت. اگر در قطعه‌ای در بین مشخصه‌های دیگر همچنین موردی مشاهده شود می‌توان با واردکردن مکان قوس و شعاع آن به‌راحتی آن را وارد لیست مشخصه‌ها کرد و سپس به بانک اطلاعاتی اضافه نمود. در قسمت Location X مکان مرکزی قوس نسبت به مبدأ مختصات و در قسمت Radius شعاع قوس را وارد نموده و از طریق آیکون Add new Property به مشخصات اضافه می‌گردد.

2-6- بخش دوم ماژول جستجو (Search)

امکاناتی در نرم‌افزار تعبیه‌شده است که می‌توان فایل‌های ذخیره‌شده را دوباره جستجو کرد و آن‌ها را بازیابی نمود. با کلیک بر روی آیکون Search ماژول دوم نرم‌افزار به نام Open file form بر روی صفحه ظاهر می‌شود. در این بخش می‌توان فایل‌های ذخیره‌شده را برحسب داخلی یا خارجی بودن آن‌ها به‌طور جداگانه مورد جستجو قرارداد؛ و یا می‌توان هم بخش داخلی و هم بخش خارجی را در لیست بانک اطلاعاتی مشاهده کرد بر روی کلیک بر سربرگ بالایی (Type) که در شکل مشخص‌شده است می‌توان به نرم‌افزار دستور داد تا فقط مشخصه‌های داخلی و یا فقط مشخصه‌های خارجی را نشان دهد و یا هر دو را در جدولی لیست شده نمایان کند. همچنین از دیگر امکانات این بخش از نرم‌افزار این می‌باشد که بخشی فراهم‌شده تا فایل‌هایی را مورد شناسایی و جستجو قرار دهد که به تعداد دلخواهِ اپراتور مشخصه موردنیاز است. مثلاً اگر اپراتور نیازمند این می‌باشد که فایل‌هایی که فقط پنج مشخصه دارد را جستجو کند با کلیک بر روی سربرگ Count می‌توان فایل‌هایی را جستجو کرد که فقط پنج مشخصه داشته باشند. در جدول ارائه‌شده در این بخش از نرم‌افزار نام فایل ذخیره‌شده، تعداد مشخصه‌های شناسایی‌شده، نوع مشخصه داخلی یا خارجی و همچنین نام مشخصه‌ها همراه با شکل‌های آن‌ها قابل‌مشاهده می‌باشد.

3-6- بخش سوم ماژول مقایسه (Compare)

هدف از بخش مقایسه این می‌باشد که بتوان برنامه فرایندی جدیدی را بعد از شناسایی مشخصه‌های قطعه ایجاد کرد. این برنامه فرایند جدید برگرفته از برنامه‌های ذخیره‌شده در بانک اطلاعاتی می‌باشد. همان‌طور که اشاره شد بانک اطلاعاتی در مورد فایل‌های استپ قطعات از قبل ایجاد شده است. به همین ترتیب بانک اطلاعاتی از برگه‌های فرایند این قطعات نیز ایجادشده است. همچنین بانک اطلاعاتی که به‌صورت ویدئو می‌باشد از نوع ماشین‌کاری هر قطعه نیز ایجاد گردیده است. این امر برای راحتی کاربران ایجاد گردیده است تا بعدازاینکه برگه فرایند تولید یک قطعه را مشاهده کردند فیلم چگونگی ماشین‌کاری این قطعه را نیز مشاهده کنند تا بیشتر با مفهوم برگه فرایند و نوع تولید قطعه آشنا شوند. علاوه بر این بخش دیگری به‌صورت تصویری ایجاد گردیده و تصویر قطعه را نیز دربرمی گیرد. این امر بدان جهت ایجاد گردیده است تا کاربران با مشاهده تصویر قطعه به شباهت بین قطعه جدید و قطعه پیداشده پی ببرند. بعد از کلیک کردن بر روی گزینه Compare صفحه جدیدی به نام Compare form بازخواهد شد (همانند شکل 4) که سومین ماژول موجود نرم‌افزار می‌باشد. این بخش از نرم‌افزار از اهمیت بخصوصی برخوردار است و روش خاصی را برای پیدا کردن مناسب‌ترین برنامه فرایند در پیش‌گرفته است. نرم‌افزار برای پیدا کردن مناسب‌ترین برنامه فرایند از ترتیب مشخصه‌های شناسایی‌شده استفاده می‌کند. وقتی‌که فایلی وارد نرم‌افزار می‌شود نرم‌افزار شروع به شناسایی مشخصه‌های قطعه می‌کند و بعد از انجام شناسایی شروع به جستجوی قطعه‌ای می‌کند که دقیقاً ازلحاظ ترتیب مشخصه‌ها شبیه به قطعه ورودی می‌باشد. مثلاً اگر قطعه ورودی چهار نوع مشخصه داشته باشد و ترتیب این 4 مشخصه به‌صورت سطح استوانه-سطح مخروطی راست به چپ-سطح استوانه-سطح قوس‌دار باشد.

Fig. 4. Third section of module

شکل 4 بخش سوم ماژول

نرم‌افزار دقیقاً دنبال چنین ترتیبی می‌گردد. اگر چنین

www.SID.ir

Archive of SID

ترتیبی پیدا شد آن را نمایش می‌دهد این جستجو برحسب ترتیب نوع مشخصه‌ها می‌باشد و وابسته به‌اندازه مشخصه‌ها نمی‌باشد. جستجو برحسب ترتیب مشخصه‌ها یک روش جدید می‌باشد که در این نرم‌افزار گنجانده‌شده است. گرچه قطعه پیداشده ازلحاظ اندازه ممکن است شبیه قطعه ورودی نباشد اما روش و نوع ماشین‌کاری برای چنین مشخصه‌هایی می‌تواند مشابه باشد و می‌توان از این مزیت استفاده بسیاری برد. نرم‌افزار برای جستجو کردن قطعه‌ی مشابه دارای اولویت‌بندی‌هایی است. بدین معنی که اولین اولویت را به قطعه‌ای می‌دهد که دقیقاً از هر نظر شبیه به قطعه ورودی می‌باشد. مثلاً اگر قطعه‌ای پنج مشخصه با ترتیب‌های مشخص داشته باشد نرم‌افزار شروع به جستجو در بین قطعاتی خواهد کرد که پنج مشخصه دارند و همچنین دقیقاً ترتیب این مشخصه‌ها شبیه ترتیب مشخصه‌های قطعه ورودی می‌باشد. اگر چنین قطعه‌ای در بانک نرم‌افزاری یافت شد آن را در بخش Equal نمایش خواهد داد. این بهترین حالت ممکن است که نرم‌افزار قطعه‌ای را پیدا کند که هم از لحاظ ترتیبی شبیه قطعه ورودی هست هم ازلحاظ تعداد مشخصه‌ها شبیه قطعه ورودی می‌باشد؛ اما اگر در بانک اطلاعاتی قطعه‌ای به چنین ویژگی‌ها پیدا نشد نرم‌افزار اولویت دومی را در پیش رو می‌گیرد. سیستم شروع به یافتن قطعاتی می‌کند که ازلحاظ تعداد مشخصه‌ها شبیه به قطعه ورودی می‌باشد اما فقط قسمتی از قطعه شبیه قطعه ورودی می‌باشد؛ بنابراین بااینکه دقیقاً قطعه مشابهی نمی‌توان یافت اما می‌توان برای بخشی از قطعه که شبیه آن در بانک اطلاعاتی موجود می‌باشد فرایند تولیدی را مشخص کرد. این قطعات مشابه نیز در بخش Same قابل‌مشاهده هستند؛ اما اگر قطعه‌ای پیدا نشد که هم مشخصه‌های آن به ترتیب مشخصه‌های قطعه ورودی باشد هم تعداد مشخصه‌هایش به تعداد مشخصه‌های قطعه ورودی باشد در این صورت سیستم اولویت سوم را در پیش می‌گیرد. بدین معنی که سیستم قطعاتی را پیدا می‌کند که مشخصه‌هایش کمتر از مشخصه‌های قطعه ورودی است اما قسمتی از قطعه شبیه قطعه ورودی است. این قطعات در بخش Less لیست می‌شوند. اولویت چهارمی که سیستم در پیش می‌گیرد تا فرایند تولیدی را برای قطعه ورودی ایجاد کند این است که قطعاتی که مشخصه‌های بیشتری از مشخصه‌های قطعه ورودی دارد موردبررسی قرار می‌گیرد و قطعاتی که شبیه قطعه ورودی هست در قسمت More لیست می‌شوند؛ بنابراین برای ایجاد برنامه فرایند یک قطعه جدید اگر قطعه قبلاً در سیستم ذخیره‌شده باشد می‌توان سریع‌تر به نتیجه رسید هرچند اندازه‌های قطعه نسبت به اندازه‌های قطعه ورودی متفاوت باشد بااین‌حال می‌توان بخش‌هایی مشابه قطعه‌ی ورودی یافت و از فرایند تولید آن استفاده کرد. نرم‌افزار همچنین می‌تواند قطعات مخروطی را به‌صورت راست یا چپ جستجو کند لازمه آن بدین‌صورت است که گزینه مربوط به مخروط‌ها فعال یا غیرفعال گردد. از مهم‌ترین امکاناتی که در این سیستم گمارده شده است این هست که بعد از جستجوی یافتن قطعه موردنظر می‌توان برگه فرایند ان را در همین صفحه باز کرد بخشی اختصاص داده‌شده است که برای هر قطعه یک برگه فرایند اختصاص داده شده است. هر قطعه که در بانک اطلاعاتی ذخیره‌شده است علاوه بر استپ فایل ان قطعه، برگه فرایند ان قطعه، تصویری از نقشه دوبعدی قطعه و ویدئویی از چگونگی ماشین‌کاری ان قطعه در بانک اطلاعاتی به اسم همان قطعه ذخیره‌شده است. با کلیک بر روی بخش‌های اختصاص داده شده می‌توان به این اطلاعات دسترسی داشت. این امر کار را برای مشاهده برگه فرایند بسیار آسان نموده همچنین با مشاهده تصویر قطعه می‌توان از تصمیم‌گیری مناسبی برای انتخاب قطعه مشابه برخوردار بود علاوه بر این فیلم ذخیره‌شده به انتخاب نوع ماشین‌کاری، ترتیب عملیات ماشین‌کاری و ابزارهای مورداستفاده بسیار کمک شایانی می‌کند. برگه فرایند در فرمت یک فایل Word در بانک اطلاعاتی ذخیره‌شده است. همچنین تصاویر در فرمت JPEG و ویدئوها در فرمت MP4 در بانک اطلاعاتی موجود می‌باشند. در جداول بالا ستون‌هایی با مضمون Index start like و Count material like وجود دارند که به تعداد مشخصه‌های مشابه اشاره دارند. عبارت Index start like بدین معنی است که سیستم شماره ی مشخصه‌ای را که مشابه مشخصه ورودی می‌باشد را نشان میدهد؛ به عبارت دیگر قطعه از ان مشخصه شباهتش شروع می‌شود و به تعداد Count material like مشخصه شبیه مشخصه قطعه ووردی می‌باشد. به‌عنوان مثال اگر در ستون Index عدد 6 و در ستون Count like عدد 4 نوشته‌شده باشد بدین معنی است که شباهت از ششمین مشخصه شروع می‌شود و چهار مشخصه بعد از ان یعنی تا دهمین مشخصه به قطعه ورودی شباهت دارند. هرچه تعداد Count like بیشتر باشد تعداد مشخصه‌های متشابه بیشتر است.

7- مطالعه موردی

قطعه‌ای که بررسی می‌شود متعلق به شرکتی است که در کار ساخت پایه‌های چوبی هستند. این شرکت قطعاتی را در سری تولیدی خود دارد که دارای تنوع بالایی است اما ازلحاظ ابعادی

www.SID.ir

Archive of SID

این قطعات باهم فرق دارند. لذا مسیر تولید برای بیشتر قطعات یکسان است و با نوشتن یک‌بار برگه فرایند تولید، آن را می‌توان به قطعات دیگر نیز تعمیم داد. این قطعه دارای پیچیدگی‌های خاصی در نوع خود می‌باشد لذا جهت آزمایش نرم‌افزار گزینه بسیار مناسبی می‌باشد. این قطعه با ابعاد کوچک قبلاً در بانک اطلاعاتی ذخیره‌شده است و حال با ابعادی جدید وارد مسیر تولیدشده است و نیازمند برگه فرایند تولیدی می‌باشد. لذا برای به دست آوردن برگه فرایند این قطعه‌ی جدید دیگر نیاز نیست مسیر زمان‌بر و پرزحمت ایجاد برنامه فرایند تولید را طی نمود. با مراجعه به بانک اطلاعاتی می‌توان برگه فرایند مشابهی برای قطعه جدید ایجاد نمود. قطعه در شکل 5 نشان داده‌شده است.

نخست تمامی مشخصه‌های مربوط به این قطعه به‌صورت دستی استخراج می‌شود سپس این مشخصه‌ها با مشخصه‌هایی که نرم‌افزار طراحی‌شده باید ایجاد کنند مقایسه خواهند شد. جدول 1 مشخصه‌های مربوط به قطعه ذکرشده را نشان می‌دهد.

بعد از ذخیره قطعه در فرمت استپ، این فرمت وارد نرم‌افزار شده و مشخصه‌های آن استخراج می‌شود. مشخصه‌های ایجاد شده برای قطعه مذکور از طریق نرم‌افزار در شکل 6 نشان داده‌شده است. همچنین تعداد مشخصه‌های استخراج شده، نوع آن‌ها و موقعیت مکانی آن‌ها دقیقاً همان مشخصه‌هایی می‌باشد که در بررسی‌های دستی به دست آمده است؛ بنابراین نرم‌افزار می‌تواند هر نوع قطعه استوانه‌ای را با دقت بالایی شناسایی کند و مشخصه‌های آن را استخراج کند. پس از استخراج مشخصه‌ها با کلیک بر روی گزینه Compare می‌توان فرایندی که شبیه قطعه ورودی می‌باشد را یافت.

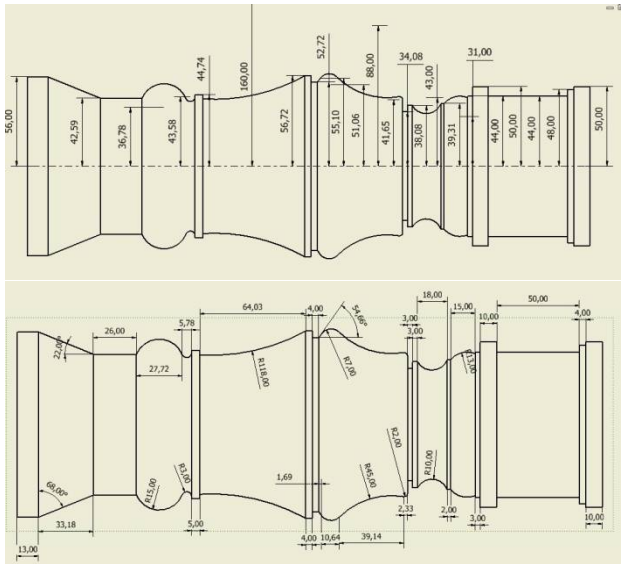

Fig. 5. Technical specifications of desk basis part

شکل 5 مشخصات فنی قطعه پایه‌ی میز

Table 1 Features of the desk basis part

جدول 1 مشخصه‌های مربوط به قطعه پایه‌ی میز

نوع مشخصه	شعاع استوانه (mm)	طول استوانه (mm)	شعاع قوس (mm)	طول قوس (mm)	زاویه مخروط (mm)	طول مخروط (mm)
استوانه	56	13	-	-	-	-
مخروط	-	-	-	-	22	33/1
استوانه	42/5	26	-	-	-	-
قوس	-	-	15	27/7	-	-
قوس	-	-	3	5/78	-	-
استوانه	44/7	5	-	-	-	-
قوس	-	-	118	64/0	-	-
استوانه	56/7	4	-	-	-	-
استوانه	52/7	4	-	-	-	-
مخروط	-	-	-	-	54/6	1/69
قوس			7	10/6		
قوس	-	-	45	39/1	-	-
قوس	-	-	2	2/3	-	-
استوانه	34	3	-	-	-	-
استوانه	38/0	3	-	-	-	-
قوس	10	10	-	-	-	-
استوانه	39/3	2	-	-	-	-
قوس	-	-	13	15	-	-
استوانه	44	3	-	-	-	-
استوانه	10	50	-	-	-	-
استوانه	50	44	-	-	-	-
استوانه	48	4	-	-	-	-
استوانه	50	10	-	-	-	-

No	Name	LocationX	Radius	Angle	Length
1	Cylindrical Surfaces	6.49988851256502	56.0000000000001	-	13
2	Conical Surfaces: LeftToRight	29.5893602950981	-	22.0000000000001	33.1789435650662
3	Cylindrical Surfaces	59.1788320776312	42.5948366542087	-	26
4	Toroidal Surface	86.0063937573361	15	-	27.7180553388749
5	Toroidal Surface	102.67498614834	3	-	5.77809873183389
6	Cylindrical Surfaces	108.17498614834	44.738064042969	-	5

No	Name	LocationX	Radius	Angle	Length
7	Toroidal Surface	117.635374206416	118	-	64.02989117281
8	Cylindrical Surfaces	176.70487732115	56.7184827075177	-	4
9	Cylindrical Surfaces	180.70487732115	52.7184827075177	-	4
10	Conical Surfaces: RightToLeft	183.550875715231	-	54.6602890364721	1.69199678816199
11	Toroidal Surface	190.107032328425	7	-	10.636270348973
12	Toroidal Surface	226.701008150239	45	-	39.143950069494

No	Name	LocationX	Radius	Angle	Length
13	Toroidal Surface	234.509365033447	1.99999999999998	-	2.33227050566802
14	Cylindrical Surfaces	238.009365033447	34.0819383937358	-	3
15	Cylindrical Surfaces	241.009365033447	38.0819383937358	-	3
16	Toroidal Surface	251.216412181418	10	-	18
17	Cylindrical Surfaces	261.509365033447	39.3066238629182	-	2
18	Toroidal Surface	272.509365033447	13	-	15

No	Name	LocationX	Radius	Angle	Length
19	Cylindrical Surfaces	279.009365033447	44	-	3
20	Cylindrical Surfaces	285.509365033447	50	-	10
21	Cylindrical Surfaces	315.509365033447	44	-	50
22	Cylindrical Surfaces	342.509365033447	48	-	4
23	Cylindrical Surfaces	349.509365033447	50	-	10

Fig. 6. The features extracted by software for the desk basis part

شکل 6 مشخصات به‌دست‌آمده در نرم‌افزار برای قطعه‌ی پایه میز

www.SID.ir

Archive of SID

با کلیک بر روی Process برنامه‌نویسی CNC این قطعه را مشاهده می‌شود. لذا می‌توان از اطلاعات داخل این برگه فرایند استفاده نمود و برگه فرایند جدیدی ایجاد نمود و با اسم جدیدی در داخل بانک اطلاعاتی ذخیره کرد. بخشی از برنامه CNC مربوط به قطعه فوق در شکل 7 آورده شده است.

در جدول 2 مقادیر مربوط به مشخصه‌های واقعی و تخمین زده شده از طریق نرم‌افزار دیده می‌شود. مشخصه‌های واقعی با توجه به مشخصات و ابعاد داده شده در شکل 5 بدست آمده‌اند و مشخصات تخمینی هم از طریق نرم‌افزار بدست می‌آید. همان‌طور که دیده می‌شود همه مشخصات واقعی از طریق نرم‌افزار بصورت دقیق تخمین زده شده است. به عنوان مثال در جدول 2 برای مشخصه 1 نوع استوانه تشخیص داده شده و شعاع آن 56 میلی‌متر و طول استوانه هم 13 میلی‌متر بدست آمده که دقیقاً با مشخصه بدست آمده از طریق شکل 5 یکسان می‌باشد. این مثال یک مثال عملی است که در کارگاه ماشین‌کاری شده است و نرم‌افزار بصورت واضح نشان داد که مس می‌تواند تمامی مشخصه‌ها را بصورت کاملاً دقیق شناسایی و استخراج کند. پس از اتمام شناسایی و استخراج مشخصه‌ها نوبت به استخراج برگه فرایند می‌رسد که نرم‌افزار با استفاده از همین مشخصه شروع به جستجو کرده و از بین بانک اطلاعاتی 400 قطعه‌ای، قطعه‌ای که مشخصه‌های استخراج شده آن شبیه قطعه مورد نظر می‌باشد پیدا می‌کند و شکل آن را همراه با برگه فرایند در اختیار برنامه ریز تولید قرار می‌دهد. همان‌طور که در شکل 7 دیده می‌شود قطعه شناسایی شده، تقریباً شبیه قطعه‌کار مورد مطالعه می‌باشد. در مرحله بعد برگه فرایند قطعه‌کار همراه با تمامی الزامات تولیدی شامل ابزار، قطعه‌کار، قید و بند، تجهیزات ماشین‌کاری و مراحل تولید به عنوان برگه مورد استفاده استخراج شده و برای بهره‌برداری در اختیار بخش مهندسی تولید شرکت قرار داده می‌شود. با توجه به اینکه برگه فرایند مستخرجه شامل تعداد صفحات متعددی می‌باشد در شکل 8 فقط بخش کوچکی از برنامه CNC قطعه‌کار داده شده است.

Table 2 Comparison of the real and extracted values of the features using of the software

جدول 2 مقایسه مقادیر مشخصه‌های واقعی با مشخصه‌های استخراج شده توسط نرم افزار

تعداد	نوع مشخصه	شعاع استوانه (mm)		طول استوانه (mm)		شعاع قوس (mm)		طول قوس (mm)		زاویه مخروط (mm)		طول مخروط (mm)	
		واقعی	مستخرج	واقعی	مستخرج	واقعی	مستخرج	واقعی	مستخرج	واقعی	مستخرج	واقعی	مستخرج
1	استوانه	56	56	13	13	-	-	-	-	-		-	-
2	مخروط	-	-		-	-	-	-	-	22	22	33/1	33/1
3	استوانه	42/5	42/5	26	26	-	-	-	-	-	-	-	-
4	قوس	-	-		-	15	15	27/7	27/7	-	-	-	-
5	قوس	-	-	-	-	3	3	5/7	5/7	-	-	-	-
6	استوانه	44/7	44/7	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
7	قوس	-	-	-	-	118	118	64/0	64/0	-	-	-	-
8	استوانه	56/7	56/7	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-
9	استوانه	52/7	52/7	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-
10	مخروط	-	-	-	-	-	-	-	-	54/6	54/6	1/69	1/69
11	قوس	-	-	-	-	7	7	10/6	10/6	-	-	-	-
12	قوس	-	-	-	-	-	45	-	39/1	-	-	-	-
13	قوس	-	-	-	-	1/99	2	2/3	2/3	-	-	-	-
14	استوانه	34/0	34/0	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-
15	استوانه	38	38	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-
16	قوس	10	10	28	18	-	-	-	-	-	-	-	-
17	استوانه	39/3	39/3	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
18	قوس	-	-	-	-	13	13	15	15	-	-	-	-
19	استوانه	44	44	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-
20	استوانه	10	10	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-
21	استوانه	50	50	44	44	-	-	-	-	-	-	-	-
22	استوانه	48	48	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-
23	استوانه	50	50	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-

www.SID.ir

Archive of SID

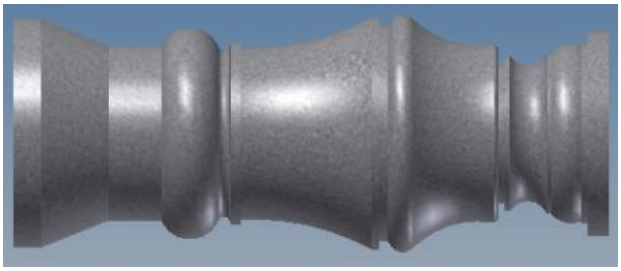

Fig. 7 The recognized part for extraction of the process route

شکل 7 قطعه شناسایی شده جهت استخراج برگه فرایند

```
x130.674
G1 X127.846 Z2.5
X132.33
X135.049 Z-65.426
X126.699
G1 X123.871 Z2.5
Z-66.84
X128.246
X131.074 Z-65.426
G0 Z3.914
X122.725
G1 X119.896 Z2.5
Z-47.831
X120.25 Z-48.15
G3 X120.4 Z-48.441 I-.525 K-.291
G1 Z-66.84
X124.271
X127.099 Z-65.42
G0 Z3.914
X118.75
G1 X115.922 Z2.5
Z-44.249
X120.25 Z-48.15
G3X120.296 Z-48.197 I-.525 K-.291
G1 X123.125 Z-46.782
```

Fig. 8 A Part of the suggested CNC program for the work

شکل 8 بخشی از برنامه CNC قطعه پیشنهاد شده برای پایه میز

8- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، نرم‌افزاری برای شناسایی و استخراج مشخصه‌های قطعات استوانه‌ای ایجاد شد. این نرم‌افزار قادر به شناسایی مشخصه‌های قطعات استوانه‌ای و ایجاد یک برنامه فرایند تولید به روش نیمه اتوماتیک می‌باشد. این نرم‌افزار که در محیط سی‌شارپ توسعه یافته و ورودی خود را از نرم‌افزار Inventor2014 با فایلی به فرمت STEP-10303 دریافت می‌کند، برنامه‌ی فرایند تولید را از طریق روش شباهت و ترتیب مشخصه‌ها ایجاد می‌کند. پس از ایجاد نرم‌افزار، قطعات مختلفی جهت شناسایی به سیستم داده شد و این برنامه توانست تمامی مشخصات هندسی و موقعیتی قطعه استوانه‌ای شناسایی کند. نتایج استخراج و شناسایی مشخصه‌ها با مشخصهٔ اندازه‌های آن‌ها در نقشه‌ی قطعه مقایسه شد و نتایج نرم‌افزار مورد راستی آزمایی قرار گرفت که نتایج کاملاً یکسانی را در پی داشت. پس از استخراج مشخصه‌ها، این مشخصه‌ها با مشخصه‌های قطعات موجود در بانک اطلاعاتی مقایسه شد و برگه فرایند قطعات وارد شده به نرم‌افزار نیز از روی قطعات بانک اطلاعاتی به دست آمد و به‌عنوان یک ورودی جدید در بانک اطلاعاتی ذخیره شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که نرم‌افزار می‌تواند پس از شناسایی مشخصات نزدیک‌ترین برگه فرایند را با دقت بالایی معرفی کند. لازم به ذکر است که در برگه‌های فرایند تولید روش‌های تولید، ابزارآلات و ماشین‌آلات مورد استفاده، مسیرهای برنامه‌نویسی ماشین‌های CNC و بسیاری اطلاعات دیگر در مورد چگونگی ساخت قطعه قرار داده شده است. به‌طوری‌که با مراجعه به این اطلاعات تمامی مسیر ساخت قطعه به‌روشنی مشخص می‌شود. در سال‌های قبل روش‌هایی را تعدادی از محققان در پیش گرفتند تا بخشی از مسیر ایجاد برگه فرایند تولید را هموار سازند بنابراین فقط با استفاده از فرمت‌های مختلف مثل IGES، STEP و غیره سعی کردند تا بخشی از هندسه مدل‌ها را شناسایی و استخراج کنند که در عمل مشکلی از تکنولوژیست‌ها را حل نمی‌کند و هنوز هم در حد تحقیقات مانده است.

از ویژگی‌های مهم این برنامه در مقایسه با تحقیقات قبلی این است که اولاً این برنامه می‌تواند تمامی مشخصه‌های مربوط به قطعات استوانه‌ای و نه بخشی از آنها را بدون هیچ محدودیتی شناسایی و استخراج کند؛ ثانیاً در این پژوهش علاوه بر شناسایی و استخراج مشخصه‌ها، از قابلیت‌های روش واریانت استفاده شده و بخشی کاملاً کاربردی اضافه شده و برنامه‌ای طراحی گردیده که تلفیقی از دو روش واریانت و جنرتیو باشد. به عبارت دیگر برنامه، نتایج حاصل از مشخصه‌ها را دوباره استفاده کرده و به کمک آنها نزدیکترین و مشابه‌ترین برنامه فرایند تولید برای قطعه مورد نظر را انتخاب و در اختیار تکنولوژیست و تولیدکننده می‌گذارد. بنابراین دیگر نیازی نیست که در قسمت مهندسی تولید برای هر قطعه‌ای برنامه فرایند مجزا و بصورت دستی نوشته شود. ثالثاً برنامه قابلیت این را دارد که تعداد نامحدودی قطعه‌کار پس از شناسایی و استخراج مشخصه‌ها در بانک اطلاعاتی ذخیره گردد و برای قطعات بعد از آنها، به عنوان مدل‌های مشابه استفاده گردد. لذا پس از مدتی استفاده از این نرم‌افزار در شرکت‌های تولیدی، زمان لازم برای طراحی فرایند در شرکت‌ها به‌صورت نزولی تا حد صفر می‌تواند کاهش یابد که منجر به افزایش بهره‌وری و کاهش نیروی انسانی و کاهش انرژی مصرفی قطعات تولیدی خواهد شد. بنابراین باوجود بسیاری از تحقیقات دیگر که فقط مشخصه‌های قطعات را ایجاد می‌کنند و کاربرد عملی چندانی ندارند، این نرم‌افزار می‌تواند در همه کارگاه‌های تولیدی با دقت بسیار خوبی مورد استفاده عرصه صنعت ماشین‌کاری قرار بگیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

9- مراجع

[1] Priti, Computer aided process planning for milling operation, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, Vol. 7, No. 5, pp. 57-64, 2016 .

[2] M. Isnaini, K. Shirase, Review of computer-aided process planning systems for machining operation - Future development of a computer-aided process planning system, *International Journal of Automation Technology*, Vol. 8, No. 3, pp. 317-332, 2014 .

[3] Y. Yusof, K. Latif, Survey on computer-aided process planning, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 75, No. 1-4, pp. 77-89, 2014 .

[4] S. Reddy, M. Dv, H. Raj, a. Ali, V. Manupati, An Intelligent feature based process planning for Rotational parts, in *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Kuala Lumpur, Malaysia,March 8-10, 2016

[5] O. Jaider, E. Abdelilah, R. Ahmed, Manufacturing Computer Aided Process Planning For Rotational Parts. Part 1: Automatic Feature Recognition From STEP AP203 Ed2, *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 4, No. 5, pp. 5-12, 2014 .

[6] E. M. Abdelilah, J. Oussama, R. Ahmed, Automatic Recognition of Isolated And Interacting Manufacturing Features In Milling Process, *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 4, No. 10, pp. 57-72, 2014 .

[7] S. Sivakumar, V. Dhanalakshmi, A feature-based system for CAD/CAM integration through STEP file for cylindrical parts, *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*, Vol. 20, No. 1, pp. 21-26, 2013 .

[8] F. T. Chee, K. V.K, I. N, Design of a Feature Recognition System for CAD/CAM Integration, *World Applied Sciences Journal*, Vol. 8, No. 21, pp. 1162-1166, 2013 .

[9] V. R. K. Bitla Venu, Deepanshu Srivastava, STEP-based Feature Recognition System for B-spline Surface Features, *International Journal of Automation and Computing*, Vol. 15, No. 4, pp. 500-512, 2018 .

[10] M. Al-wswasi, A. Ivanov, H. Makatsoris, A survey on smart automated computer-aided process planning (ACAPP) techniques, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 97, No. 1-4, pp. 809-832, 2018 .

[11] Z. H. Lianhua Liu, Wei Liu, Wenbo Wu, Extracting the turning volume and features for a mill/turn part with multiple extreme faces, *International Journal Adv Manuf Technol*, Vol. 94, No. 1-4 ,pp. 257-280, 2018 .

[12] I. F. Pişec, F. S. Blaga, G. Oancea, A feature recognition and extraction method used to develop a CAPP model for "l-block" family of parts, *Acta technica napocensis* Vol. 62, No. 1, 2019-04-12, 2019 .

[13] Vericherla. N. Malleswari, P.M.Valli, M.M.M.Sarcar, Automatic Recognition of Machining Features using STEP Files, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 2, No. 3, pp. 1-11, 2013 .

[14] E. S. A. Nasr, A. A. Khan, A. M. Alahmari, H. M. A. Hussein, A Feature Recognition System Using Geometric Reasoning, *Procedia CIRP*, Vol. 18, pp. 238-243, 2014.

www.SID.ir