

تولید اتوماتیک برنامه های قطعه ای برای ماشین کاری سطوح آزاد با استفاده از IGES

مهدی آقائی بنادکوکي

کارشناس ارشد

گروه برق و رایانه، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

سعید منصور

استادیار

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

این پروژه تحقیقاتی به منظور ایجاد ارتباط بین سیستمهای CAD تجاری و ابزارهای ماشین CNC در ایران صورت گرفته است و از سیستم FMS دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر به عنوان یک الگوی آزمایشگاهی مناسب استفاده شده است. یکی از نکات بارز این پروژه بررسی استاندارد IGES بوده که به علت دشواری تفسیر و تحلیل آن در محیطهای پژوهشی/صنعتی کشور کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله سعی گردیده فرایند فرزکاری برای ماشین کاری سطوح پیچیده بررسی شود. لذا سطوح آزاد سه بعدی در سیستمهای مختلف CAD، طراحی و سپس نرم افزار هوشمند با استخراج اطلاعات فایل IGES، برنامه قطعه ای مناسب برای فرزکاری سطوح پیچیده را بوسیله تیغچه های سرتخت، نیمگرد و سرکروی در ابعاد مختلف باقابلیتهای تشخیص اتوماتیک سطح مثبت ماشین کاری، تعیین اتوماتیک مسیر جریان ابزارنسبت به مرکز یا نوک تیغچه، و جلوگیری از برخورد ابزار با سطح ماشین کاری و برش سطوح منفی، تولید و بصورت گرافیکی شبیه سازی می نماید. ارجحیت استاندارد IGES نسبت به فرمت DXF در رابطه با سطوح، توصیف شده و سازگار بودن نرم افزار طراحی شده با سایر سیستم های CAD به نمایش گذاشته خواهد شد.

واژه های کلیدی: تولید اتوماتیک برنامه های قطعه ای، سطوح پیچیده، IGES، مسیر ابزار

AUTOMATIC GENERATION OF PART PROGRAMS FOR MACHINING FREE FORM SURFACES USING IGES

S.Mansour

Assistant Professor

Industrial Eng. Dept. Amirkabir Univ.

M.Aghaee

M.Sc.

Technical Dept. Tehran Univ.

ABSTRACT

An attempt is made to establish a link between commercially available CAD systems and CNC machine tools in Iranian manufacturing industry. To do so a software package was developed capable of exploring Initial Graphics Exchange Specification (IGES) files of simple or free form surfaces created on any CAD package. The extracted data is used to graphically simulate tool path due to centre and tip of a ball nose and bull nose cutter or tip of a flat end mill cutter of any size to be selected by the user. The software is capable of automatically detecting the correct machining direction, calculating tool compensation and feed direction as well as generating part programs for gouge free machining of such surfaces.

Key Words: Automatic Generation of Part Programs, Free Form Surfaces, IGES, Tool Path

۱- مقدمه

امروزه نرم افزارهای هوشمند که می توانند بطور اتوماتیک برنامه قطعه ای جهت ماشین کاری قطعات طراحی شده در سیستمهای CAD را تولید نمایند، یکی از اجزای کلیدی تشکیل دهنده سیستمهای طراحی مهندسی می باشند. در ایران نیز در این زمینه کارهای مختلفی انجام گرفته است. بیشترین فعالیت در زمینه ماشین ابزارهای دو محوره، مثل وایرکات [۱] و گردتراشی [۲] [۳] می باشد. در زمینه فرزکاری که شاید مهمتر و پیچیده تر از گردتراشی است، بیشتر کارهای انجام شده مربوط می شود به فرزکاری ۲/۵ محوره [۴] [۵] که در آنها عموماً فرایند پروفیل زدن توسط فرز بررسی شده است، در حالیکه در بسیاری موارد قابلیت فرز در براده برداری و ایجاد سطوح سه بعدی مد نظر می باشد که توسط کارهای ذکر شده امکان پذیر نمی باشد.

در این کار تحقیقاتی سعی خواهد شد که ارتباط بین سیستم CAD و CAM و ادغام نمودن آنها بررسی و نهایتاً یک نرم افزار که بتواند قطعه طراحی شده در سیستم CAD را بررسی و دستورالعملهای لازم برای ماشین کاری و ساخت آن را بر روی فرز بطور اتوماتیک تولید نماید تهیه شود. از امکانات مهم و نوین این پروژه تحقیقاتی استفاده از استاندارد مهم IGES برای استخراج و انتقال اطلاعات مدل طراحی شده از کلیه سیستمهای CAD و نهایتاً قابلیت فرزکاری سطوح پیچیده سه بعدی می باشد.

۲- چگونگی عمل تبدیل و انتقال اطلاعات

کلا دو روش جهت انتقال و تبادل اطلاعات، در بین سیستمهای مختلف CAD وجود دارد. یکی انتقال مستقیم اطلاعات^۱ (تبادل اطلاعاتی سیستم به سیستم) که در آن تبدیل و انتقال مستقیم اطلاعات می بایست توسط یک نرم افزار انجام شود، بگونه ای که اطلاعات سیستم CAD فرستنده برای سیستم CAD گیرنده قابل درک باشد، لذا برای دو سیستم CAD که از روش انتقال مستقیم بهره می گیرند دو نرم افزار جهت تبدیل و انتقال اطلاعات لازم خواهد بود. روش دوم انتقال اطلاعات بصورت فرمت خنثی^۲ می باشد که در این روش نرم افزارها ابتدا اطلاعات خروجی سیستم CAD را به یک فرمت خنثی تبدیل نموده و سپس عمل انتقال اطلاعات صورت می گیرد و جهت اینکه کامپیوتر مقصد بتواند از اطلاعات ارسالی استفاده کند یک نرم افزار، اطلاعات را به فرمتی که برای کامپیوتر مقصد قابل درک باشد تبدیل می نماید. در واقع در این روش، تبدیل و انتقال اطلاعات در دو بخش صورت می گیرد، یک پیش پردازنده، اطلاعات خروجی سیستم را به فرمت خنثی تبدیل و این اطلاعات به مقصد ارسال گردیده، سپس اطلاعات ارسالی توسط یک نرم افزار پس پردازنده به حالت مناسب جهت استفاده در سیستم CAD تبدیل می شوند [۶].

۱-۲- ساختار فایل مبتنی بر IGES

در این کار تحقیقاتی از نوشتار چهارم IGES استفاده و ساختار آن بدقت بررسی گردید. و اطلاعات جامعتری از ساختار این استاندارد بین المللی در مراجع متعدد قید گردیده است [۷] [۸]. بطور خلاصه هر فایل مبتنی بر استاندارد IGES از پنج قسمت اصلی تشکیل گردیده است: قسمت شروع^۳ و سراسری^۴ که حاوی اطلاعاتی در خصوص افراد استفاده کننده، نوع مدل CAD، پیش پردازنده یا پس پردازنده ایجاد کننده فایل، مقیاس، آحاد و ... می باشد. قسمت راهنمای ورودی^۵ حاوی اطلاعاتی از موجودیتهای استفاده شده در آن فایل می باشد. هر موجودیت در فایل با یک عدد مشخص شده و هر کدام دارای یک رکورد با فرمت ثابت می باشند [۶]. قسمت اطلاعات پارامتری^۶ حاوی داده های مربوط به هر یک از موجودیتهای قید شده در قسمت راهنمای ورودی می باشد. این داده ها برای مثال در مورد یک

^۱ - Direct Translator

^۲ - Neutral Format Translator

^۳ - Start

^۴ - Global

^۵ - Directory entry

^۶ - Parameter data

موجودیت خط، شامل مختصات نقاط ابتدا و پایان آن می باشد. قسمت پایانی^۱ نشان دهنده تعداد خطهای موجود در هر یک از قسمتهای قبلی می باشد.

۲-۲- مقایسه IGES , DXF

فرمت DXF از طرف شرکت AUTODESK پشتیبانی شده و بعلافت فراگیر بودن نرم افزار طراحی AUTOCAD سایر سیستم های CAD نیز از فرمت خنثی DXF پشتیبانی می نمایند. DXF از نظر انتقال موجودیتهایی از قبیل: کمان، خط، نقطه، متن و... بسیار موفق بوده ولیکن سطوح را بصورت خطوط مرزی تعریف نموده و شایان ذکر است که برای ماشین کاری سطح قطعات، نیاز به سطوح طراحی شده در سیستم CAD می باشد و تنها با کمک شرایط مرزی و مشخص نمودن محدوده سطح نمی توان خود سطح را تعریف نمود. تغییرات حاصل بر موجودیت های سیستم CAD توسط فایل DXF به طور کامل در مراجع دیگر آمده است [۹].

البته باید خاطر نشان نمود که نرم افزار AUTOCAD و سایر نرم افزارهای محصول کمپانی AUTODESK از یک الگوریتم مشخص استفاده نموده که می توان سطوح را بوسیله فرمت DXF از سیستم نرم افزاری به سیستم دیگر منتقل نموده بطوریکه سطوح بطور کامل منتقل گردند. ولیکن برای انتقال سطوح از AUTOCAD به نرم افزاری که توسط AUTODESK پشتیبانی نمی شود مثل ARIES سطوح در فایل DXF به صورت مجموعه ای از خطوط که نشان دهنده فرم و حالت نوار مرزی سطح است مشخص می گردد. لذا در مواردی که نیاز به مشخصات دقیق سطح می باشد نمی توان از این فرمت استفاده نمود. شکل ۱ نشان دهنده دو سطح پیچیده بوده که بر روی نرم افزار ARIES طراحی و اطلاعات تولید شده توسط IGES و DXF نیز به نمایش گذاشته شده که نمایانگر محدودیتهای DXF در انتقال صحیح اطلاعات مربوط به سطوح پیچیده می باشد.

برای فرزکاری سطوح پیچیده نظر به اینکه فرمت DXF نوارهای مرزی سطح را فقط می تواند تعریف نماید در حالیکه استاندارد IGES کلیه پیچیدگی سطح را بدقت مشخص می نماید، لذا از استاندارد IGES بعنوان ابزار انتقال اطلاعات در این پروژه تحقیقاتی استفاده می گردد.

۳- فرزکاری سطوح سه بعدی

کارهای تحقیقاتی متعددی در مورد فرزکاری سطوح سه بعدی صورت گرفته که هر کدام دارای تواناییهای خاصی می باشند. در این راستا نرم افزاری تهیه شده [۱۰] که برای بررسی مدلی که در AUTOCAD طراحی شده، یک سری مقاطع^۲ بر روی مدل ایجاد گشته و موقعیت و تعداد آنها با توجه به تفرانس مورد نیاز تعیین می شود. این مقاطع در صفحه XZ ایجاد شده و برای استخراج اطلاعات مدل طراحی شده از نرم افزار ADS^۳ استفاده شده است. این امر باعث می گردد که استفاده از این نرم افزار به سیستم AUTOCAD محدود شده و از طرف دیگر فاصله بین دو مقطع متوالی و تعداد نقاط بر روی هر یک از این مقاطع نیز نیاز به بررسی دارد. همچنین نرم افزارهایی برای تهیه برنامه قطعه ای بمنظور فرزکاری سطوح سه بعدی با ابزار سرتخت [۱۱] و سرکروی [۱۲] توسعه یافته که دارای قابلیت هایی مثل محاسبه مسیر ابزار برای شیب منفی و غیره بوده که از DXF بمنظور استخراج مدل طراحی شده در AUTOCAD بهره برده ولیکن قابلیت های آنها دقیقاً مشخص نمی باشد.

همچنین در مورد تولید برنامه NC ماشینهای فرز کنترل عددی نیز کارهای تحقیقاتی دیگری صورت گرفته [۱۳] که عمدتاً بصورت ۲/۵ محوره بوده و از نرم افزار AUTOCAD بهره می گیرند.

برای براده برداری سطوح سه بعدی در فضا، از دستگاه فرز استفاده می شود و صفحه ای که قطعه روی آن قرار گرفته است در جهت XY حرکت نموده و تیغچه در جهت Z حرکت می نماید (شکل ۲). لذا در این پروژه فرض بر آنست که ماشین فرز یک ماشین CNC کاملاً سه محوره با قابلیت کنترل همزمان سه محوره می باشد. مراحل اجرای برنامه شامل بازیابی فایل

^۱ - Terminate

^۲ - Sectioning

^۳ - Autocad Development System

IGES، تولید برنامه قطعه ای توسط نرم افزار توسعه یافته، نمایش سطوح سه بعدی و در نهایت شبیه سازی حرکت تیغچه فرز می باشد.

۴- سطح خمیده پارامتریک (PSSE¹)

سطح پیچیده تهیه شده در قسمت بالا، پس از تبدیل به فایل IGES تبدیل به سطح خمیده پارامتریک با کد موجودیت ۱۱۴ می گردد.

یک PSSE یک شبکه از تکه چند جمله ایهای پارامتری است. بطوریکه تمام نقاط سطح را در تکه های مورد نظر با استفاده از چند جمله ایهای مشخص می توان محاسبه نمود. در فایل IGES پارامترهای چند جمله ای در قسمت PARAMETER DATA قرار دارند. اگر سطح مورد نظر به N سطوح M ستون تقسیم شده باشد MxN تکه داریم که در قسمت PD ابتدا کد موجودیت سپس کد نوع خم می آید و سپس اعداد M و N مشخص می گردند و به دنبال این پارامترها به تعداد (M*N+48*(M+1)(N+1)) پارامتر می آید که مشخصات آنها آمده است. تقاطع تکه ها در استاندارد IGES با پارامترهایی به نام TU از (۱) تا TU(M+1) و پارامترهایی به نام TV از TV(1) تا TV(N+1) مشخص شده اند. در هر تکه مستطیلی می توان تمام نقاط سطح را بوسیله چند جمله ایهای عمومی دو متغیره درجه سه که در رابطه ۱ معرفی شده اند بدست آورد.

$$\begin{aligned}
 X(U,V) = & \quad AX(i,j) + \quad BX(i,j)*S + \quad CX(i,j)*S^2 + \quad DX(i,j)*S^3 + \\
 & \quad EX(i,j)*t + \quad FX(i,j)*t*S + \quad GX(i,j)*t*S^2 + \quad HX(i,j)*t*S^3 + \\
 & \quad KX(i,j)*t^2 + \quad LX(i,j)*t^2*S + \quad MX(i,j)*t^2*S^2 + \quad NX(i,j)*t^2*S^3 + \\
 & \quad PX(i,j)*t^3 + \quad QX(i,j)*t^3*S + \quad RX(i,j)*t^3*S^2 + \quad SX(i,j)*t^3*S^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y(U,V) = & \dots\dots\dots (1) \\
 Z(U,V) = & \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

بطوریکه

$$\begin{aligned}
 Tu(i) > u > Tu(i+1), \quad i=1,\dots,M & \quad S = u - Tu(i) \\
 Tv(j) > v > Tv(j+1), \quad j=1,\dots,N & \quad T = u - Tv(j)
 \end{aligned}$$

در این چند جمله ایها می توان با کوچک نمودن گام حرکتهای u و v نقاط بیشتری از سطوح هر تکه را محاسبه و سطح را دقیقتر تعیین نمود. شکل ۳ چنین سطحی را نشان می دهد.


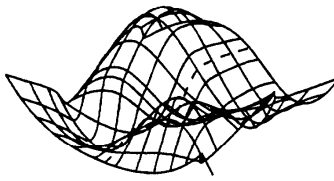
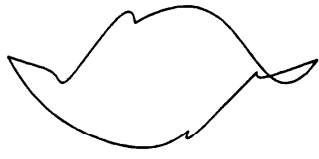

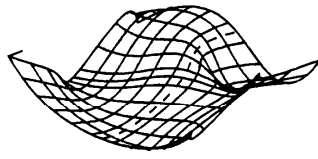
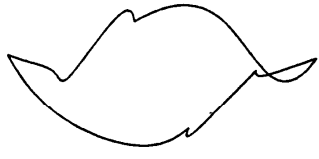
۵- تولید برنامه قطعه ای

بمنظور تهیه اتوماتیک برنامه قطعه ای در فرآیند فرزکاری نیاز به بررسی و تعیین مجموعه های از عوامل و پارامترها بوده که اثرات آنها باعث ایجاد برنامه قطعه ای و نهایتاً شبیه سازی مسیر ابزار می گردد. محاسبات برای تولید مسیر ابزار برای سه نوع ابزار استاندارد فرزکاری آمده در شکل ۴ انجام می گیرد.

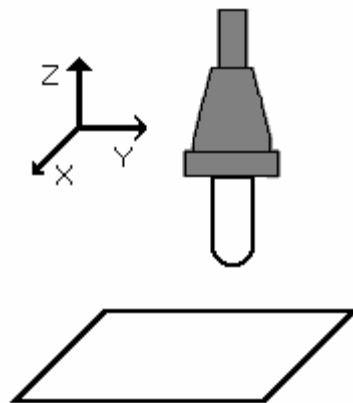
۵-۱- محاسبه اتوماتیک سطح مثبت ماشین کاری

در هنگام محاسبه مسیر ابزار، ابتدا بردار نرمال صفحه های که تیغچه بر آن مماس است، محاسبه می گردد. پس از محاسبه بردار نرمال، باید به این نکته توجه شود که سطح مورد نظر ممکن است محدب یا مقعر باشد، لذا بردار نرمال محاسبه شده می تواند در جهت داخل یا خارج شکل باشد (شکل ۵). بسته به اینکه جهت بردار نرمال در کدام طرف سطح مورد نظر باشد، برنامه قطعه ای برای تراش داخل یا خارج این سطح تولید می شود.

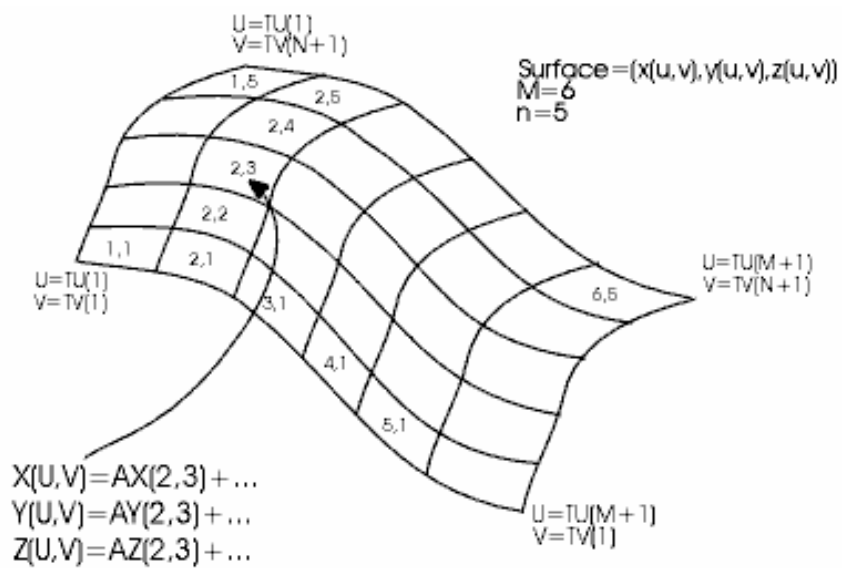
¹ - Parametric Spline Surface Entity

	Actual surface	Surface generated by IGES	Surface generated by DXF
SURF1			
SURF2			

شکل ۱- مقایسه سطوح پیچیده ایجادشده توسط IGES و DXF



شکل ۲- نمایش تیغچه، صفحه و محورهای مختصات در فرزکاری



شکل ۳- سطح پیچیده در اتوکد

۲-۵- محاسبه اتوماتیک جبران ابزار^۱

یکی از قابلیت‌های مهم هر نرم افزار هوشمند محاسبه اتوماتیک جبران ابزار برای سطوح سه بعدی پیچیده برحسب شکل تیغچه های استاندارد می باشد. شکل ۶ وضعیت حرکت تیغچه را در حالت‌های مختلف نسبت به سطح نشان می دهد. در بسیاری از موارد یک مرکز مختصات دستگاه ثابت است (صفر ثابت)، نیاز به محاسبه مسیر حرکت ابزار برحسب مرکز تیغچه بوده، و در مواردی که برنامه نویس نیاز به تغییر مرکز مختصات بصورت صفر شناور (Floating Zero) دارد مثلاً "در سطوح پیچیده، نیاز به محاسبه مسیر حرکت ابزار برحسب نوک تیغچه می باشد. در تولید برنامه قطعه ای برای مسیر حرکت تیغچه، پنج حالت متفاوت شناسایی شده است:

۱. تیغچه سرکروی^۲ با مختصات مرکز تیغچه (شکل ۵ الف نقطه C)
۲. تیغچه سرکروی با مختصات نوک تیغچه (شکل ۵ الف نقطه T)
۳. تیغچه نیمگرد^۳ با مختصات مرکز تیغچه (شکل ۵ ب نقطه C)
۴. تیغچه نیمگرد با مختصات نوک تیغچه (شکل ۵ ب نقطه T)
۵. تیغچه سرتخت^۴ با مختصات نوک تیغچه (شکل ۵ پ نقطه T)

حال مطابق شکل ۷ مختصات نقطه O به فاصله شعاع تیغچه (در مورد تیغچه نیمگرد به فاصله شعاع کوچک تیغچه) از نقطه تماس A محاسبه می گردد. با استفاده از روش برداری و به کمک شکل ۱۰ می توان نوشت:

$$\begin{aligned} \vec{V} &= A\vec{O} \\ \vec{V} &= R\vec{v} \\ \vec{MO} &= \vec{MA} + \vec{V} \\ \vec{N} &= \text{Normal}(\vec{AH}) = (X/\sqrt{X^2+Y^2}, Y/\sqrt{X^2+Y^2}) \end{aligned} \quad (2)$$

در جائیکه R شعاع تیغچه (یک عدد) و v بردار نرمال صفحه می باشد.

سپس برنامه قطعه ای مناسب برای تعیین مسیر حرکت تیغچه در حالات مختلف تهیه می گردد. لازم بذکر است که نقطه P همان نقطه نهایی است که در برنامه قطعه ای بعنوان مسیر ابزار نوشته می شود. حالات مختلف در جدول شماره ۱ ذکر شده است.

برای روشن شدن تفاوت کد تولید شده برای مسیر حرکت تیغچه در هر یک از حالات ذکر شده، یک سطح نمونه و مسیر حرکت تیغچه برای آن در حالات پنجگانه در شکل ۹ آمده است. برای اینکه تیغچه با نقطه A مماس شود مختصات مسیر حرکت تیغچه یکی از نقاط ۱ تا ۵ برای موارد ۱ تا ۵ بالا خواهد بود.

جدول ۱ - مختصات نقاط در مسیر حرکت تیغچه

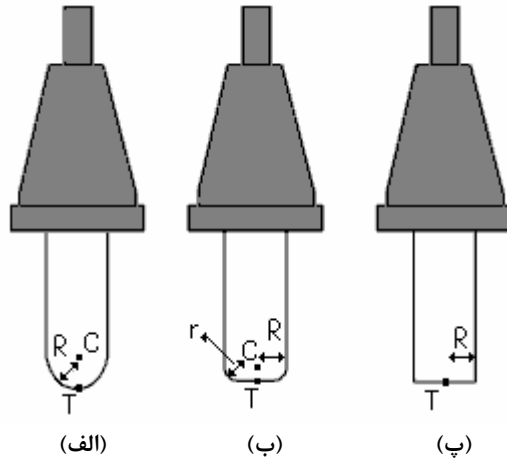
Zp	Yp	Xp	
Zo	Yo	Xo	مرکز تیغچه سرکروی
Zo-R	Yo	Xo	نوک تیغچه سرکروی
Zo	$Y_o + (R-r) N_y$	$X_o + (R-r) N_x$	مرکز تیغچه نیمگرد
Zo-R	$Y_o + (R-r) N_y$	$X_o + (R-r) N_x$	نوک تیغچه نیمگرد
Z _A	$Y_A + R N_y$	$X_A + R N_x$	تیغچه سرتخت

^۱ - Tool Offset

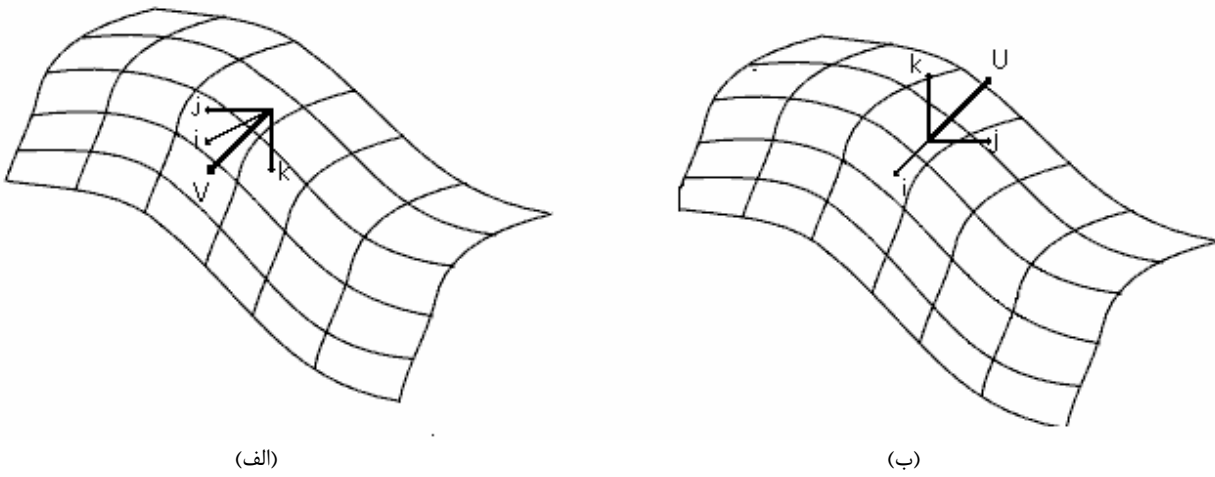
^۲ - Ball Nose

^۳ - Bull Nose

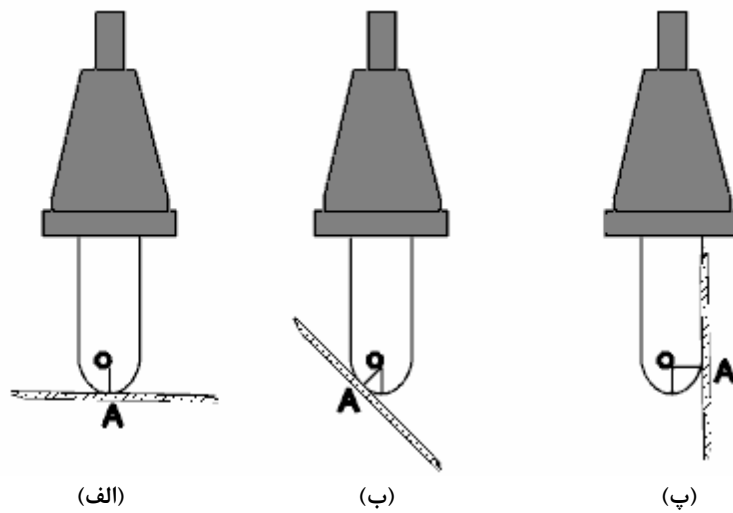
^۴ - End Mill



شکل ۴- انواع تیغچه های فرزکاری



شکل ۵- محاسبه سطح مثبت ماشین کاری



شکل ۶- وضعیت حرکت تیغچه نسبت به سطح

۳-۵- تعیین اتوماتیک گام و جهت حرکت تیغچه

نکته مهم دیگر، گام حرکت تیغچه است که مشخص کننده بار باقیمانده خواهد بود. لذا باید گام حرکت را طوری اختیار نمود که مقدار بار پس از برش حالت نامطلوب در سطح ایجاد ننماید. برای این منظور می توان گام حرکت را محاسبه نمود. لذا با بررسی شکل ۱۰ و رابطه ۳ و با تعیین مقدار T می توان گام S و یا برعکس را محاسبه نمود.

$$R^2 = (R-t)^2 + (S/2)^2 \quad (3)$$

در بعضی موارد با اینکه گام S کوچک اختیار شده لیکن بار زیادی باقی خواهد ماند (شکل ۱۱). در قسمت الف این شکل، اگر تیغچه در مسیر B حرکت کند و گام حرکت در جهت A باشد، (حالتی مشابه شکل ۱۱-ب) باعث باقیماندن بار زیاد در سطح قطعه خواهد گردید.

حال اگر حرکت تیغچه در مسیر A باشد و گام حرکت در جهت B، چنین حالت نامطلوبی حادث نگردیده. لذا این الگوریتم طراحی شده که بتواند بصورت هوشمند در چنین مواردی مسیر حرکت تیغچه را در جهت A و گام رادر جهت B اختیار نماید. برای این منظور از نقطه M یکبار ضلع MN و بار دیگر ضلع MP بررسی شده و تشخیص داده می شود که کدام ضلع خط است تا عملیات مربوطه انجام گیرد. اگر هیچ کدام از اضلاع خط نباشند، یکی از جهت ها در نظر گرفته می شود.

۴-۵- تهیه برنامه قطعه ای

در هر صورت برای تولید کد قطعه ای وقتی بر روی مسیر A (شکل ۱۱) حرکت شود، مسیر را به یک سری خطوط تقسیم نموده تا توسط کد G01 قابل تراش باشد و در ضمن حالت عمومی داشته باشد. با داشتن مختصات نقاط اول و انتهای هر خط می توان از روی فرمول ذکر شده مختصات مرکز تیغچه را بدست آورد و در قسمت پارامترهای دستور G01 قرارداد.

۵-۵- جلوگیری از خوردگی ناخواسته قطعه توسط ابزار^۱

خوردگی ناخواسته^۲ مساله ای است که در حین انجام عمل تراش در بعضی از نواحی سطح ممکن است بروز نماید. به این ترتیب که تیغچه برای اینکه به نقطه‌های از سطح برای تراش مماس شود، به نقاط دیگری از سطح نیز برخورد نموده و باعث از بین رفتن نواحی کناره‌های می گردد. بعنوان نمونه در شکل ۱۲-الف یک سطح از مقابل نشان داده شده و تیغچه سرتخت هنگامیکه می خواهد بمنظور تراشکاری با نقطه A مماس شود، به داخل سطح فرومی رود. مسیر حرکت تیغچه در شکل ۱۲-ب و سطح قطعه پس از عمل برش در شکل ۱۲-ج نشان داده شده است.

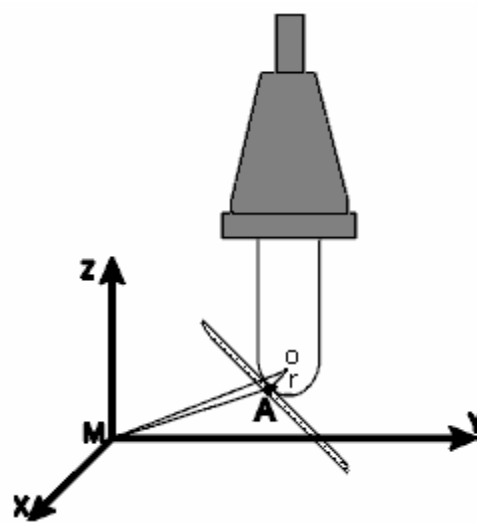
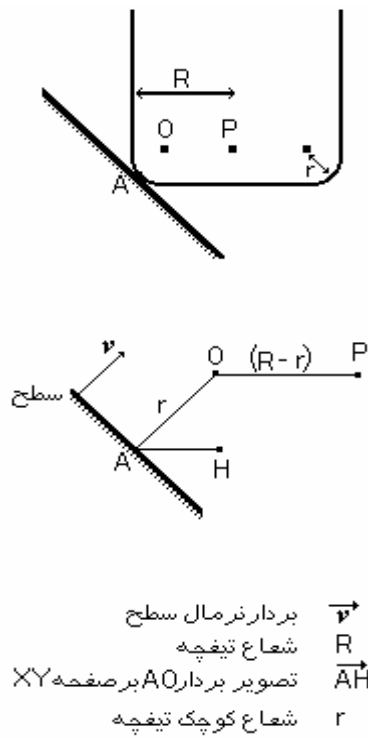
همانطور که ملاحظه می شود، تیغچه بعد از عبور از نقطه B به سطح جانبی برخورد نموده است و باعث خرابی آن می شود. برای برطرف کردن این مساله هنگام تولید برنامه قطعه ای صحیح برای سطح، بسته به نوع تیغچه انتخابی از طرف کاربر، برنامه مسیر حرکت تیغچه را محاسبه نموده و در هر مقطعی که خوردگی ناخواسته رخ دهد، با حذف قسمتی از مسیر حرکت که باعث برخورد تیغچه به سطح می شود، کد قطعه ای را اصلاح نموده و به ادامه تولید کد می پردازد. نمونه ای از مسیر دارای خوردگی ناخواسته و مسیر اصلاح شده آن در شکل ۱۳ آورده شده است.

۶-۵- محاسبه ماشین کاری صحیح سطوح با شیب منفی

روش این کار بسیار ساده می باشد و بروش مقایسه سایه نیز مشهور می باشد، که مطابق شکل ۱۴ نقطه C در محل سایه قرار دارد و تیغچه بجای حرکت از نقطه A به نقطه B و بعد به نقطه C، مستقیماً از نقطه A به نقطه C که در واقع سایه نقطه A روی مسیر است، انجام میگیرد. در محاسبه، بسادگی مشخصات برداری نقطه جدید بانقطه قبلی مقایسه شده و عدد منفی در امتداد برداری حذف می گردد.

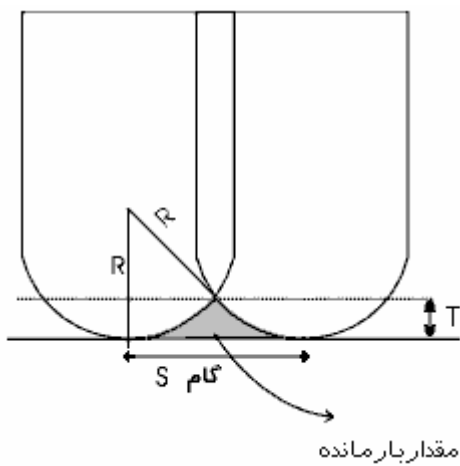
^۱ - Gouge free machining

^۲ - Gouging

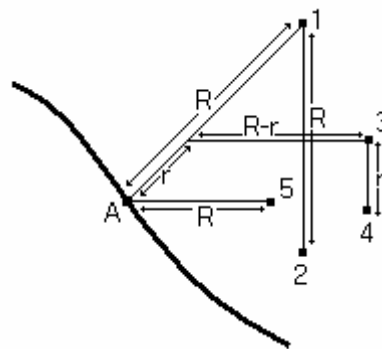


شکل ۷- محاسبه مختصات مرکز تیغچه

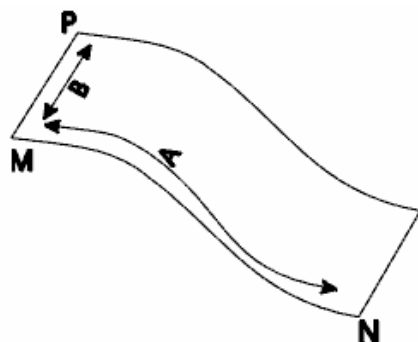
شکل ۸- تعیین موقعیت برای مسیر تیغچه



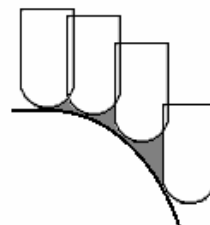
شکل ۱۰- تولید بار مانده در عمل فرزکاری

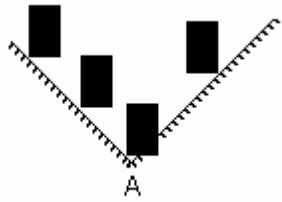


شکل ۹- موقعیت محاسبه شده در حالت‌های مختلف استفاده از تیغچه

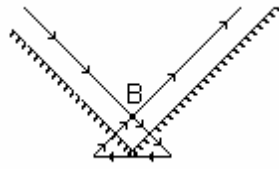


شکل ۱۱- بررسی حالت‌های مختلف حرکت تیغچه و تولید بار مانده

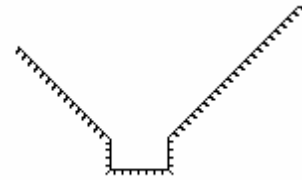




(الف) حرکت در مسیر تعیین شده

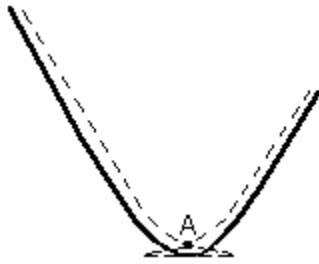


(ب) مسیر حرکت



(پ) سطح پس از فرزکاری

شکل ۱۲- خوردگی ناخواسته در اثر حرکت تیغچه

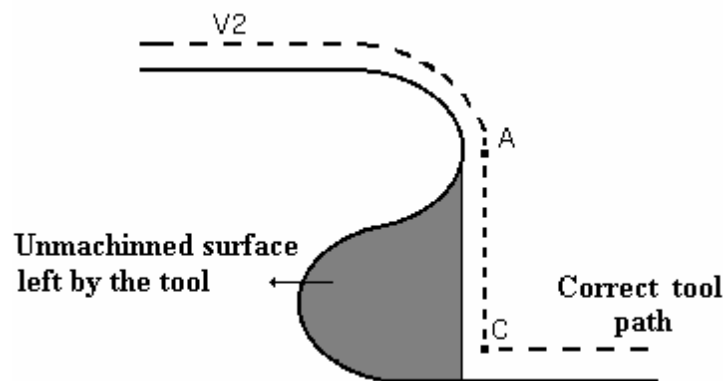
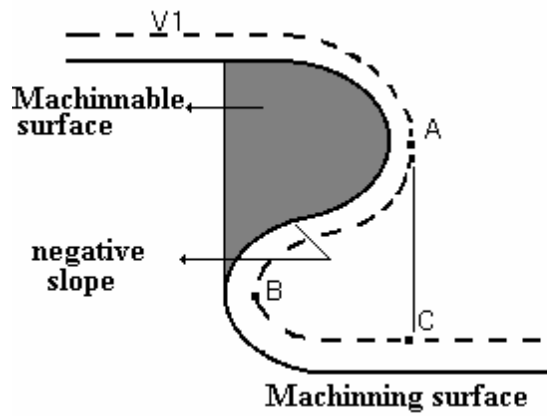


(الف) مسیر دارای خوردگی ناخواسته



(ب) مسیر بعد از حذف خوردگی

شکل ۱۳- حذف خوردگی ناخواسته



شکل ۱۴- ماشین کاری سطح با شیب منفی

۶- نمایش سطح قطعه

در این قسمت نظر به اینکه اطلاعات مربوط به سطح پیچیده از فایل IGES خوانده شده است و مختصات نقاط سطح محاسبه شده است براحتی می توان سطح قطعه فرزکاری شده را بصورت گرافیکی به نمایش درآورد. هر نقطه از سطح چون در فضا بررسی می شود دارای مختصات سه بعدی و مولفه های X, Y, Z می باشد و برای اینکه در صفحه نمایش داده شود لازم است مختصات دو بعدی برای آن محاسبه گردد که در این محاسبه زاویه دید کاربر تاثیر بسزایی دارد. لذا با در نظر گرفتن زاویه دید کاربر طبق الگوریتم مشخصی، مختصات دوبعدی نقاط در صفحه محاسبه و به نمایش گذاشته می شود.

۷- شبیه سازی حرکت تیغچه بر روی سطح قطعه

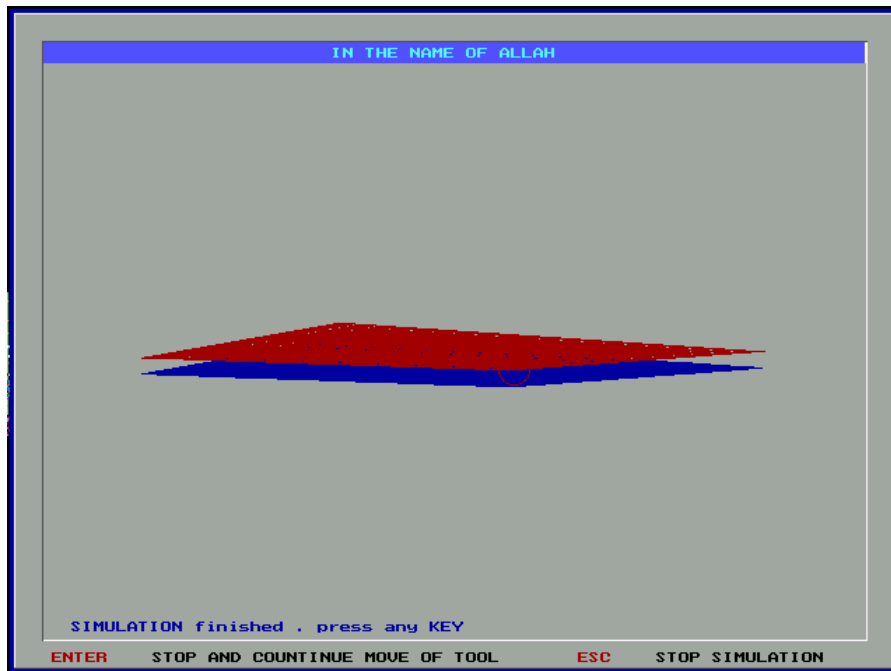
به منظور شبیه سازی حرکت تیغچه بر روی سطح فایل FNC بازیابی می شود. تیغچه قبل از نمایش روی صفحه بر اساس زاویه دید کاربر تنظیم می شود و سپس بر اساس مختصاتی که از فایل FNC خوانده شده و تبدیل به دو بعدی شده است روی صفحه، نمایش داده می شود. برای مثال، بمنظور ارزیابی قابلیت های نرم افزار توسعه یافته، تعدادی سطوح ساده و پیچیده بر روی نرم افزارهای طراحی مهندسی ARIES و AUTOCAD تهیه و برنامه قطعه ای آن بطور اتوماتیک تولید گردید [۷]. شکل ۱۵-الف مسیر حرکت مرکز یک ابزار سرکروی را بر روی یک سطح ساده نشان داده، درحالیکه شکل ۱۵-ب مسیر حرکت همان ابزار را بر روی یک قطعه حلقوی شکل نشان می دهد. شکل ۱۶ مسیر حرکت ابزار را بر روی سطح پیچیده شبیه سازی نموده است. شکل های ۱۷-الف و ۱۷-ب بترتیب نشان دهنده یک سطح با خوردگی ناخواسته و همان سطح پس از رفع خوردگی ناخواسته می باشد. همچنین شکل ۱۸-الف مسیر حرکت ابزار را برای نوک ابزار سرتخت و شکل ۱۸-ب مسیر حرکت ابزار برای مرکز این نوع ابزار شبیه سازی نموده است.

۸- نتیجه گیری

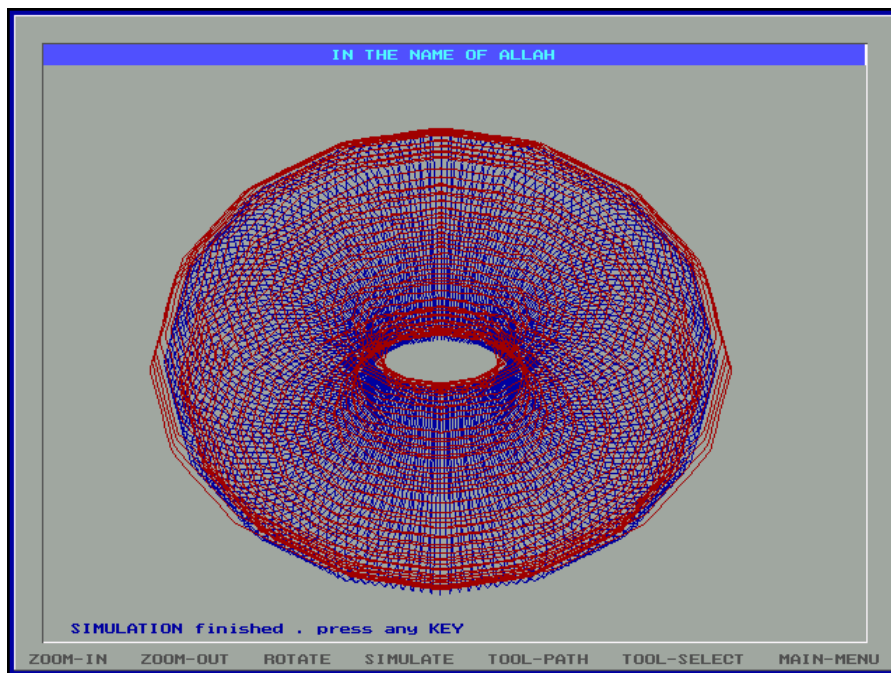
فرز کاری بدون یقین یکی از پر استفاده ترین و کارا ترین فرایندهای براده برداری بوده که در تهیه سطوح سه بعدی پیچیده نقش اساسی دارد. بسیاری از نرم افزارهای طراحی و مهندسی دارای قابلیت تولید اتوماتیک برنامه قطعه ای از مدل طراحی شده می باشند و لیکن هزینه تهیه آنها بالا می باشد. در این پروژه تحقیقاتی نرم افزار هوشمندی طراحی و توسعه یافت که سطح قطعات سه بعدی مدل سازی شده در سیستم های CAD مثل AUTOCAD را بررسی نموده و برنامه قطعه ای آنرا بطور اتوماتیک تهیه نماید.

پس از آنکه سطح مورد نظر در سیستم CAD طراحی گردید، فایل خروجی IGES آنها تهیه شده و سپس نرم افزار هوشمند آنرا بررسی و اطلاعات مفید را استخراج می نماید. سیستم AUTOCAD سطوح پیچیده را عمدتاً به یک موجودیت سطح پارامتر خمیده با کد ۱۱۴ در استاندارد IGES تبدیل می نماید. ساختار این موجودیت بدقت بررسی و الگوریتمی طراحی گردید که بتواند این موجودیت را به تعداد بسیار زیاد خط راست تبدیل نماید. بدیهی است هر چقدر تعداد این خطوط در سطح بیشتر باشد به سطح حقیقی نزدیک تر خواهد بود. مختصات X و Y و Z نقاط آغاز و پایان خطوط ذخیره شده و سپس برنامه قطعه ای حاوی دستور عملهای لازم برای حرکت یک تیغچه فرزبر روی این سطح بطور اتوماتیک تولید گردید.

از نکات قابل توجه در پیاده سازی این پروژه انجام محاسبات مربوط به تعیین مسیر حرکت ابزار، تعیین مسیرهای دارای خوردگی و تعیین مسیرهای دارای شیب منفی، بصورت عملیاتیهای برداری می باشد.

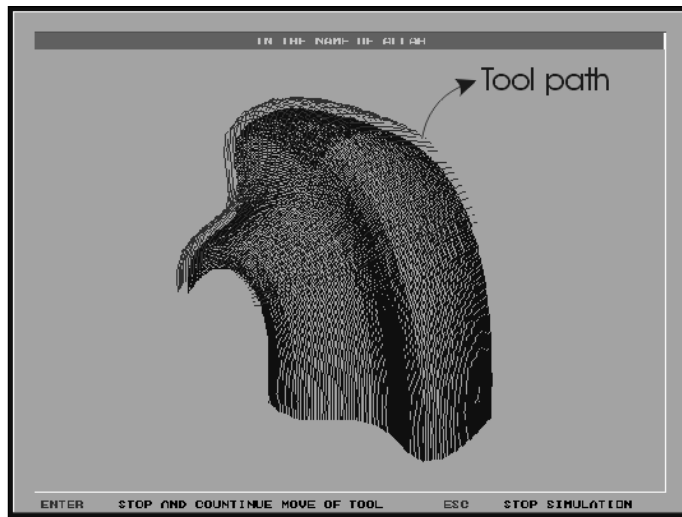


(الف)

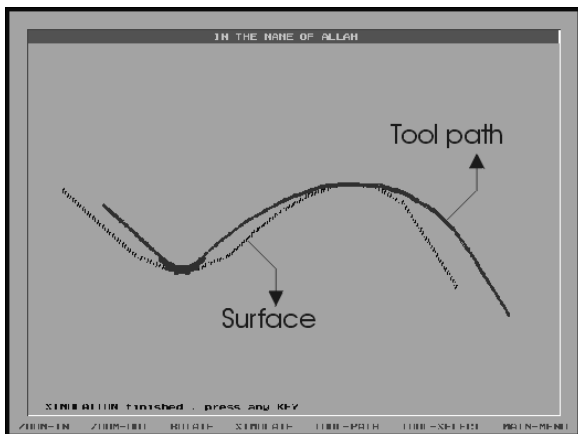


(ب)

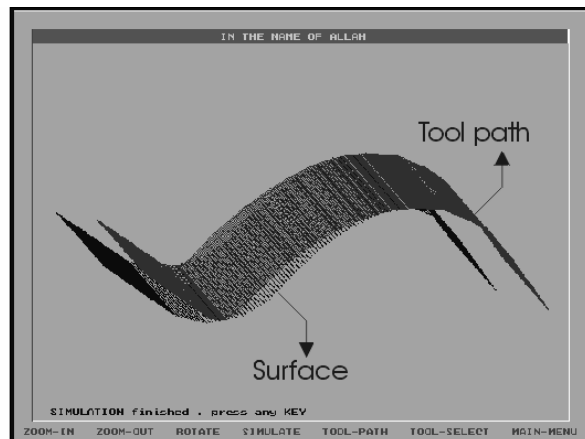
شکل ۱۵- شبیه سازی مسیر حرکت ابزار
 الف) سطح ساده
 ب) قطعه حلقوی شکل



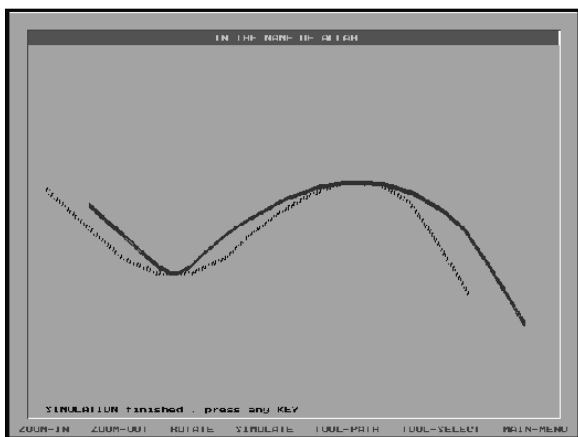
شکل ۱۶- مسیر حرکت ابزار بر روی دو سطح پیچیده



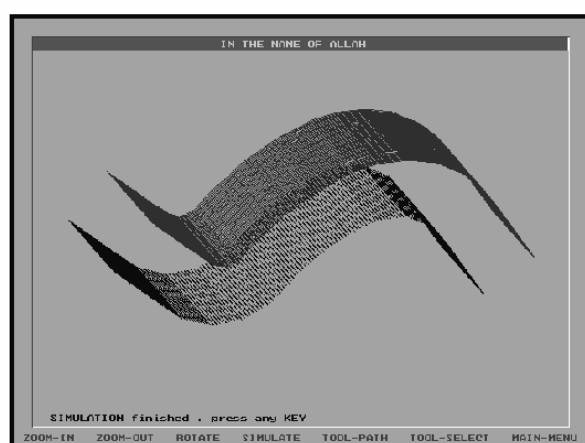
(a)



(a)



(b)



(b)

شکل ۱۷- سطح و مسیر حرکت ابزار بعد از فرزنداری از نمای روبرو
الف) دارای خوردگی ناخواسته
ب) پس از رفع خوردگی ناخواسته

شکل ۱۸- سطح و مسیر حرکت ابزار بعد از فرزنداری
الف) برنامه قطعه ای بر اساس نوک ابزار سرتخت
ب) برنامه قطعه ای بر اساس مرکز ابزار سرتخت

همچنین قابلیت‌های گرافیکی لحاظ شده در برنامه که از قسمت‌های جذاب آن می باشد عبارتند از :

- ۱- شبیه سازی حرکت انواع تیغچه ها بر روی سطح قطعه در حین ماشین کاری
 - ۲- نمایش کد قطعه ای در حال اجرا و همچنین نمایش موقعیت نوک تیغچه در هر لحظه ، در قسمت گرد تراشی
 - ۳- امکان انتخاب نوع تیغچه مورد نظر در فرز کاری
 - ۴- تنظیم اتوماتیک شکل سطوح مورد نظربگونه‌ایکه تمام شکل در صفحه نمایش نشان داده شود .
 - ۵- امکان بزرگنمایی و کوچکنمایی شکل سطوح
 - ۶- امکان دوران شکل قطعات پس از انجام عمل ماشین کاری
 - ۷- امکان نمایش مسیر حرکت ابزار بر روی سطوح
- همچنین در این پروژه برای تعیین مسیر ابزار و نهایتاً " برنامه قطعه ای مورد نیاز برای فرز کاری سطوح سه بعدی ، نکات زیر بررسی و در نرم افزار طراحی شده لحاظ گردیده است .
- الف- سطح مثبت ماشین کاری که بصورت اتوماتیک مشخص می نماید که قسمت خارج یا داخل سطح نیاز به فرز کاری دارد.
- ب - می توان مسیر حرکت ابزارهای متفاوت در فرز کاری مثل سرتخت ، نیمگرد و سرکروی را با انتخاب کاربر در ابعاد مختلف شبیه سازی نمود.
- ج - کاربر می تواند بسته به نوع سطح و تیغچه انتخاب شده ، مسیر جبران ابزار رانسبت به مرکز یا نوک تیغچه بصورت اتوماتیک تهیه نماید.
- د - تمهیداتی لحاظ گردیده که برنامه از برخورد ابزار با سطح ماشین کاری وهمچنین برش سطوح منفی جلوگیری می نماید.

۹- راهکارهای آینده

در طول انجام این کار تحقیقاتی مسائل متعددی بررسی گردید که شاید برخی از آنها را بتوان بعنوان راهکارهایی برای پروژه های تحقیقاتی آینده معرفی نمود.

اهم این راه کارها عبارتند از :

- الف - همانطور که بحث شد ، استاندارد IGES بخصوص نوشتارهای اخیر آن بطور جامع قابلیت توصیف سطوح مختلف را دارد در این پروژه بررسی و تحلیل صورت گرفته محدود شد به موجودیت PSSE با کد ۱۱۴. در حالیکه بسیاری از سیستم های CAD/CAM سطوح را به موجودیتهای متفاوت تبدیل می نماید. لذا می توان با بررسی طیف وسیعی از این موجودیت ها و ادغام آنها در نرم افزار موجود تعداد بیشتری از سیستمهای CAD/CAM را پوشش داد.
- ب - در قسمت فرز کاری سطوح سه بعدی برنامه قطعه ای تولید شده مناسب ماشین ابزارهای سه محوره واقعی بوده بطوریکه بتوانند سه محور را بطور همزمان کنترل نماید . هزینه تهیه این نوع ماشین ابزارهای کنترل عددی بالا بوده لذا در بسیاری موارد سازندگان ماشین ابزارهای کنترل عددی فرز ۲/۵ محوره تولید نموده که یکی از سه محورها (معمولاً "محور Z ها) در حین ماشین کاری ثابت بوده و دو محور دیگر تغییر می نمایند . لذا نرم افزار توسعه یافته را بطریقی می بایست تغییر داد تا بتواند برنامه قطعه ای برای این نوع از ماشین های فرز را نیز تولید نماید.
- ج - تحقیق در مورد سایر استانداردهای انتقال اطلاعات مثل STEP و بررسی قابلیت های آنها بایستی صورت گیرد. با استفاده از استانداردهایی مثل STEP و IGES که می توانند انواع قطعات الکترونیکی را پشتیبانی نمایند و با استفاده از مدارهای چاپی طراحی شده در سیستم CAD می توان برنامه قطعه ای مورد نیاز برای نصب قطعات را به طور اتوماتیک تولید نمود.

۱۰- فهرست مراجع

- [۱] [فلاحی ، ح ، " ایجاد اتوماتیک برنامه قطعه ای برای ماشینهای کنترل عددی WIRE CUT با استفاده از سیستمهای CAD "، پروژه کارشناسی ارشد ، دانشکده مهندسی صنایع ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر ، ۱۳۷۴.

- [۲] راعی، ا، "طراحی یک نرم افزار مجتمع جهت شبیه سازی، طراحی و آموزش کامپیوتری ماشین تراش CNC"، مجموعه مقالات اولین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید در صنایع سنگین، تهران، مهر ۱۳۷۲، صفحه ۸۴.
- [۳] راعی، ا، "مسیر یابی حرکت ماشین CNC با روش چهار نقطه"، مجموعه مقالات اولین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید در صنایع سنگین، تهران، مهر ۱۳۷۲، صفحه ۹۴.
- [۴] صادقی، م ح، "تولید اتوماتیک برنامه ماشین کاری NC برای ماشین های فرز ۲/۵ محوره به کمک کامپیوتر"، مجموعه مقالات اولین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید در صنایع سنگین، تهران، مهر ماه ۱۳۷۲، صفحه ۱۰۶.
- [۵] آرزو، ب، "تولید برنامه NC برای ماشینهای فرز کنترل عددی به کمک کامپیوتر"، مجموعه مقالات دومین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید، دی ۱۳۷۴، صفحه ۷۵.
- [6] Pasquill, K.G.; "Practical Use of IGES", Computer Aided Design, Vol 20. July- August 1988.
- [۷] منصور س، معطر حسینی س م، آقائی م، سیروس م، "طراحی و توسعه یک بسته نرم افزاری جهت ادغام CAD و CAPP در سیستم FMS موجود در دانشکده مهندسی صنایع"، پروژه مستقل تحقیقاتی، معاونت پژوهشی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تیرماه ۱۳۷۷.
- [8] "IGES Version 4.0 Documentation", US Dept. of Commerce Publications. June 1988.
- [9] "ARIES Technology Utilities Reference Manual", Aries Technology Inc., U.S.A. Nov., 1992.
- [۱۰] شیدایی، ش، "مدلسازی سطوح ترکیبی B-Spline و ایجاد برنامه CNC به کمک کامپیوتر"، پروژه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۷۵.
- [۱۱] خلیج، ف، "تولید برنامه ماشین کاری CNC سطوح سه بعدی با ابزار سرتخت"، پروژه کارشناسی، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۷۶.
- [۱۲] عباس زاده، ر، "تولید برنامه ماشین کاری CNC سطوح سه بعدی با ابزار سر کروی و شبیه سازی برنامه به کمک کامپیوتر"، پروژه کارشناسی، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۶.
- [۱۳] شادنیا، م، "تولید برنامه NC برای ماشینهای فرز کنترل عددی و شبیه سازی مسیر حرکت ابزار به کمک کامپیوتر"، پروژه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۷۵.