دانشکده مهندسی- گروه مکانیک

**عنوان پایان نامه:**

# بهینه سازی فرآیند فرزکاری انگشتی برای رسیدن به زبری سطح مینیمم با ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک

مولف :

**اصغر نگارستانی**

**ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد**

**رشته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید**

**استاد راهنما:**

**دکتر محمد حسین ابوالبشری**

تیرماه ۱۳۹۱

**تاییدیه گروه مکانیک**

پایان نامه حاضر تحت عنوان :

**بهینه سازی فرآیند فرزکاری انگشتی برای رسیدن به زبری سطح مینیمم با ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی** که توسط آقای **اصغر نگارستانی** تهیه و به هیات داوران ارائه شده، به عنوان کار پژوهشی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید، مورد تایید شورای تحصیلات تکمیلی گروه مکانیک دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد.

تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۴/۷ نمره: درجه ارزشیابی

**اعضای هیات داوران:**

| نام ونام خانوادگی | سِمت | امضا |
|---|---|---|
| ۱- **دکتر محمد حسین ابوالبشری** | استاد راهنما | |
| ۲- **دکتر بهنام معتکف ایمانی** | استاد ممتحن | |
| ۳- **دکتر علی اکبر اکبری** | استاد ممتحن | |
| ۴- **دکتر مجید معاونیان** | نماینده تحصیلات تکمیلی | |

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

آنان که هستی و وجودم از آنهاست و تا بیکران آسمانها همواره سپاسگزار محبت‌های بی‌پایان و بی‌دریغشان هستم. آنان که هرچه در توان داشتند برای پیشرفت و ارتقای من به کار گرفتند و همواره مشوقم در طول دوران تحصیل بودند.

تقدیم به همسر عزیزم

او که هر روز به من حس خوشبختی را هدیه می دهد.

# تشکر و قدردانی

اکنون که باعنایت پروردگار کارنگارش این پایان نامه به سرانجام رسید، وظیفه می دانم مراتب امتنان وسپاس خودرا از استاد بزرگوارم آقای **دکتر محمد حسین ابوالبشری** بجای آورم. ایشان بادقت، دانش وتجربیات گرانسنگ خوددر طی مراحل انجام این پژوهش دلسوزانه یاری ام نمودند.

از اساتید محترم دفاع آقایان **دکتر معتکف ایمانی** و **دکتر اکبری** که زحمت نقدوبررسی این اثررا عهده دار بودند کمال تشکر رادارم. همچنین از دبیرو نماینده محترم تحصیلات تکمیلی آقای **دکتر معاونیان** سپاسگزاری می نمایم.

از خداوند متعال برای رهروان علم و معرفت آرزوی موفقیت می نمایم.

اصغر نگارستانی

# فهرست مطالب


فهرست جدول ها ..... VI

فهرست شکل ها ..... VII

فصل ۱: مقدمه ..... ۲

۱-۱- پیش درآمد ..... ۲

۱-۲- اهداف کلی پروژه ..... ۳

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق ..... ۴

۱-۴- مروری بر تاریخچه موضوع ..... ۵

فصل ۲: فرآیند فرزکاری ..... ۸

۲-۱- فرزکاری ..... ۸

۲-۲- تعریف عملیات فرزکاری ..... ۸

۲-۳- روشهای فرزکاری ..... ۹

۲-۴ ابزارهای فرزکاری ..... ۱۱

۲-۵- انواع ماشینهای فرز ..... ۱۱

۲-۶- پارامترهای مهم در عملیات فرزکاری ..... ۱۳

فصل ۳: اصول طراحی آزمایشات ..... ۱۶

۳-۱- مقدمه ..... ۱۶

۳-۲- طراحی آزمایش ..... ۱۶

۳-۳- ملاحظات مهم در طراحی آزمایشها(DOE) ..... ۲۰

۳-۴- انواع طرحهای آزمایشی ..... ۲۲

۳-۴-۱- طرح عاملی کامل ..... ۲۳

۳-۴-۲ طرح عاملی کسری ..... ۲۵

۳-۴-۳- طراحی مرکب مرکزی ..... ۲۶

# فهرست مطالب


۳-۴-۴- طراحی تاگوچی ..... ۲۸

فصل ۴: انتخاب طرح و اجرای آزمایشات ..... ۳۳

۴-۱- مقدمه ..... ۳۳

۴-۲- ضرورت و نحوه انجام آزمایش ..... ۳۳

۴-۳- تجهیزات مورد نیاز در انجام آزمایشات ..... ۳۴

۴-۳-۱- انتخاب دستگاه فرز CNC ..... ۳۴

۴-۴- جنس قطعه کار ..... ۳۷

۴-۴-۱- ابعاد نمونه های آزمایش: ..... ۳۹

۴-۵- تیغ فرز انگشتی ..... ۴۰

۴-۶- زبر ی سنج ..... ۴۰

۴-۷- نرم افزار MASTER CAM ..... ۴۱

۴-۷-۱- CAD/CAM ..... ۴۲

۴-۸- انتخاب فاکتورهای طرح (پارامترهای مورد مطالعه) ..... ۴۳

۴-۹- سطوح تغییرات پارامترهای ورودی ..... ۴۶

۴-۱۰-طراحی ماتریس آزمایشات ..... ۴۷

۴-۱۱-ماتریس انتخاب شده از طرح تاگوچی ..... ۴۸

۴-۱۲-انجام آزمایشات ..... ۵۰

۴-۱۳-اندازه گیری زبری سطح ..... ۵۲

۴-۱۴-نتایج آزمایشات ..... ۵۲

فصل ۵: مدلسازی فرآیند با شبکه عصبی مصنوعی ..... ۵۷

۵-۱- مقدمه ..... ۵۷

۵-۲- تاریخچه شبکه‌های عصبی ..... ۵۷

# فهرست مطالب


۵-۳- شناخت شبکه‌های عصبی مصنوعی ..... ۵۸

۵-۴- ویژگی شبکه‌های عصبی مصنوعی ..... ۶۱

۵-۴-۱- قابلیت تعمیم ..... ۶۱

۵-۴-۲- مقاوم بودن ..... ۶۱

۵-۵- معایب شبکه های عصبی ..... ۶۱

۵-۶- کاربرد شبکه های عصبی ..... ۶۲

۵-۷- شبکه‌های عصبی به عنوان سیستمهای دینامیکی آموزش‌پذیر ..... ۶۲

۵-۷-۱- جمع‌آوری داده ..... ۶۳

۵-۷-۲- نرمالیزه‌کردن داده‌ها ..... ۶۴

۵-۷-۳- انتخاب معماری و ساختار شبکه ..... ۶۴

۵-۷-۴- آموزش شبکه ..... ۶۴

- آموزش نظارت شده ..... ۶۵
- آموزش غیر نظارت شده ..... ۶۶

۵-۷-۵- آزمایش و تست شبکه ..... ۶۶

۵-۷-۶- بررسی ساختارهای متناوب و انجام آموزشهای جدید ..... ۶۷

۵-۸- نورون ..... ۶۸

۵-۹- تابع تبدیل ..... ۶۸

۵-۱۰-شبکه عصبی پِرسِپتِرُون ..... ۷۰

۵-۱۰-۱-پرسپترون تک لایه ..... ۷۰

۵-۱۰-۲-شبکه عصبی پرسپترون چند لایه ( MLP ) ..... ۷۱

۵-۱۰-۳-آموزش در شبکه های پرسپترون MLP ..... ۷۳

۵-۱۱-پیاده سازی شبکه BP در نرم افزار MATLAB ..... ۷۶

# فهرست مطالب


۵-۱۲-نتایج مدلسازی فرآیند ..... ۸۰

فصل ۶: بهینه‌سازی فرآیند ..... ۸۴

۶-۱- مقدمه ..... ۸۴

۶-۲- طراحی بهینه ..... ۸۴

۶-۳- روش‌های بهینه سازی ..... ۸۵

۶-۳-۱- روش‌های دقیق ..... ۸۵

۶-۳-۲- روش‌های ابتکاری ..... ۸۶

۶-۴- معرفی الگوریتم ژنتیک ..... ۸۷

۶-۵- ویژگی ها و کاربردهای الگوریتم ژنتیک ..... ۸۸

۶-۵-۱- کاربردهای الگوریتم ژنتیک ..... ۸۹

۶-۶- اصطلاحات مربوط به الگوریتم ژنتیک ..... ۹۰

۶-۷- ساختار و چگونگی عملکرد الگوریتم ژنتیک ..... ۹۴

۶-۸- عملگرها و پارامترهای الگوریتم ژنتیک ..... ۹۶

۶-۸-۱- عملگر انتخاب و انواع آن ..... ۹۷

۶-۸-۲- عملگر تقاطع و انواع آن ..... ۹۸

۶-۸-۳- عملگر جهش و انواع آن ..... ۹۹

۶-۸-۴- عملگر نخبه گرایی ..... ۱۰۰

۶-۹- معیارهای خاتمه الگوریتم ..... ۱۰۱

۶-۱۰-مزایا و معایب الگوریتم ژنتیک ..... ۱۰۲

۶-۱۱-مسأله بهینهسازی فرآیند فرزکاری انگشتی ..... ۱۰۳

۶-۱۱-۱-معرفی پارامترهای ورودی و تعریف روابط بهینه سازی ..... ۱۰۳

- بهینه سازی زبری سطح استراتژی یک جهته ..... ۱۰۴

# فهرست مطالب


- بهینه سازی زبری سطح استراتژی رفت و برگشتی ..... ۱۰۶
- بهینه سازی زبری سطح استراتژی چرخشی ..... ۱۰۷

۶-۱۲-نتیجه گیری ..... ۱۰۸

فصل ۷: ارائه سطوح بهینه با روش تاگوچی ..... ۱۱۱

۷-۱- نسبت سیگنال به نویز ..... ۱۱۱

۷-۲- تعریف نسبت(S/N) ..... ۱۱۲

۷-۳- تبدیل نتایج به نسبتهای S/N..... ۱۱۲

۷-۳-۲- حالت کوچکترین بهتر ..... ۱۱۳

۷-۳-۳حالت بزرگترین بهتر ..... ۱۱۴

۷-۳-۴- حالت مقدار نامی بهتر ..... ۱۱۵

۷-۴- تحلیل نتایج آزمایشات فرآیند فرزکاری انگشتی با روش تاگوچی..... ۱۱۵

فصل ۸: نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات..... ۱۲۲

۸-۱- نتیجه‌گیری ..... ۱۲۲

۸-۲- پیشنهادات برای تحقیقات آینده ..... ۱۲۴

منابع ..... ۱۲۵

# فهرست جدول ها


جدول ۳-۱: یک مثال با ۴ ترکیب آزمایشی ..... ۱۷
جدول ۳-۲: یک نمونه ماتریس طرح ..... ۲۲
جدول ۳-۳: ماتریس طرح $2^2$ ..... ۲۴
جدول ۳-۴: آرایش عمودی تاگوچی برای طرحهای عاملی مشخص ..... ۳۱
جدول ۴-۱: مشخصات فرز Rm860 CNC ..... ۳۷
جدول ۴-۲: ترکیب شیمیایی فولادAISI 1045 ..... ۳۸
جدول ۴-۳: خواص مکانیکی فولاد AISI 1045 ..... ۳۸
جدول ۴-۴: مشخصات تیغه فرز ..... ۴۰
جدول ۴-۵: مشخصات زبری سنج Taylor Habson ..... ۴۰
جدول ۴-۶: سطوح تغییرات پارامترهای ورودی ..... ۴۷
جدول ۴-۷: ماتریس آزمایشات ..... ۴۹
جدول ۴-۸: نتایج آزمایشات ..... ۵۵
جدول ۵-۱: جدول توابع تحریک مورد استفاده در شبکه عصبی و نمودار مربوط به آنها ..... ۶۹
جدول ۵-۲: مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی ..... ۸۱
جدول ۶-۱: کاربردهای الگوریتم ژنتیک در علوم مختلف ..... ۹۰
جدول ۶-۲: بازه تغییرات پارامترهای ورودی ..... ۱۰۳
جدول ۶-۳: پارامترهای تنظیمی الگوریتم ژنتیک ..... ۱۰۴
جدول ۶-۴: نتایج پیشنهادی الگوریتم ژنتیک برای پارامترهای ورودی ..... ۱۰۴
جدول ۶-۵: مقادیر پیشنهادی الگوریتم ژنتیک در استراتژی رفت و برگشتی ..... ۱۰۶
جدول ۶-۶: مقادیر پیشنهادی الگوریتم ژنتیک در استراتژی چرخشی ..... ۱۰۷
جدول ۷-۱: مقادیر نسبت سیگنال به نویز برای هر آزمایش ..... ۱۱۷
جدول ۷-۲: مقادیر سیگنال به نویز برای پارامترهای فرآیند فرزکاری انگشتی ..... ۱۱۸

# فهرست شکل ها


شکل ۲-۱: فرآیند فرزکاری[۱۰] ..... ۹
شکل ۲-۲:فرزکاری غلطکی[۱] ..... ۱۰
شکل ۲-۳: فرزکاری انگشتی[۱۰] ..... ۱۰
شکل ۲-۴:انواع تیغه فرز[۱] ..... ۱۱
شکل ۲-۵: ماشین فرز افقی[۱۰] ..... ۱۲
شکل ۲-۶: ماشین فرز عمودی[۱۰] ..... ۱۲
شکل ۳-۱: مدل کلی فرآیند یا سیستم ..... ۱۹
شکل ۳-۲: طرح عاملی $2^2$ ..... ۲۵
شکل ۳-۳: نمایش نقاط در طراحی محوری مرکزی ..... ۲۷
شکل ۳-۴: نماد علامت گذاری طرحهای تاگوچی ..... ۳۰
شکل ۴-۱: تصویر فرز Rm860 CNC ..... ۳۶
شکل ۴-۲: ابعاد قطعه کار قبل از آزمایش ..... ۳۹
شکل ۴-۳: قطعه بعد ازانجام آزمایش ..... ۳۹
شکل ۴-۴: تیغه فرز انگشتی ..... ۴۰
شکل ۴-۵: زبری سنج Taylor Habson ..... ۴۱
شکل ۴-۶: استراتژی های مسیر ابزار ..... ۴۵
شکل ۴-۷ : پارامترهای فرزکاری انگشتی ..... ۴۶
شکل ۴-۸: نمودار زبری های اندازه گیری شده در ۴ مرحله ..... ۵۴
شکل ۴-۹: نمودار میانگین زبری سطح ..... ۵۴
شکل ۵-۱: ساختاری لایه ای یک شبکه عصبی ..... ۶۰
شکل ۵-۲: مدل ریاضی و نحوه عملکرد یک نورون در شبکه ..... ۶۹

شکل ۵-۳: پرسپترون تک لایه ..... ۷۱
شکل ۵-۴: ساختار پرسپترون چند لایه با یک لایه نرون ..... ۷۲
شکل ۵-۵: شماتیک شبکه چند لایه BP ..... ۷۳
شکل ۵-۶: ساختار شبکه عصبی مصنوعی ..... ۸۰
شکل ۵-۷: نمودار خطای شبکه عصبی ..... ۸۲
شکل ۵-۸: نمودار مقادیر پیش بینی شده شبکه عصبی و مقادیر به دست آمده در آزمایشات ..... ۸۲
شکل ۶-۱: نمایش رمزگذاری و رمزگشایی در الگوریتم ژنتیک ..... ۹۱
شکل ۶-۲: ساختار عمومی الگوریتم ژنتیک ..... ۹۵
شکل ۶-۳: همگرایی در الگوریتم ژنتیک ..... ۱۰۵
شکل ۶-۴: تغییرات تابع شایستگی در اجرای الگوریتم ژنتیک(استراتژی B&f ) ..... ۱۰۷
شکل ۶-۵: تغییرات تابع شایستگی در اجرای الگوریتم ژنتیک ..... ۱۰۸
شکل ۷-۱: نمودار مقادیر سیگنال به نویز ..... ۱۲۰

فصل اول

# مقدمه

# فصل ۱: مقدمه

## ۱-۱- پیش درآمد

امروزه صنعت ماشینکاری یکی از روشهای پرکاربرد در ساخت و تولید قطعات مختلف می‌باشد یکی از مهمترین فرآیندها در ماشینکاری فرآیند فرزکاری است. سرمایه‌گذاری در این صنعت علی‌رغم وجود روشهایی تولیدی اقتصادی‌تر مثل ریخته‌گری و فورجینگ که در آن قطعه بدون دور ریز و براده نزدیک به شکل نهایی خود تولید می‌شود، همچنان ادامه دارد. علت این امر قابلیت بالای این فرآیند در دستیابی به دقت‌های بسیار بالا و دیگر توانایی‌های این روش در تولید شکل‌های بسیار پیچیده همراه با خصوصیات مختلف با دستگاه فرز CNC [۱] چند محوره می‌باشد که در تعداد تولید کم نسبت به روشهای ریخته‌گری و فورجینگ که نیازمند مدل و قالب می‌باشند هزینه و زمان کمتری را می‌طلبد. نیاز به رقابت برای افزایش تولید، نگهداری بازار و دستیابی به بازارهای جدید باعث به وجود آوردن تغییرات زیادی در ماشینکاری شده است عمده تغییرات ایجاد شده در این روش پیشرفت در ماشینهای ابزار، سازماندهی ماشینکاری و فناوری مواد ابزار برش می‌باشد. فرایند فرزکاری به یکی از پرکاربردترین و رایج‌ترین شیوه‌های تولید قطعات در صنایع قطعه سازی تبدیل شده است[۱].

فرزکاری به دلیل دقت بالا، هزینه کم، کاربرد آسان و انعطاف‌پذیری بالا عملیات پایه ماشینکاری در تولید قطعاتی با اشکال متنوع و پیچیده است. از میان قطعات حساس و دقیق صنعتی که توسط این روش تولید می‌شوند می‌توان به مواردی چون پره‌های توربین‌ها و کمپرسورها، پروانه موتورهای جت، قالب‌های قطعات بدنه خودرو، قالب‌های تزریق لاستیک و پلاستیک و قطعات پیچیده در صنایع هوا فضا اشاره کرد.

فرآیند فرزکاری[۲] بر روی قطعات صنعتی معمولا در سه مرحله خشن تراشی، نیمه‌پرداخت و پرداخت کامل صورت می‌گیرد. در مرحله خشن‌تراشی قطعه کار بلوکی از ماده خام است که هیچگونه شباهتی به

[1] Computer numerical control
[2] Milling

شکل نهایی قطعه ندارد. در این مرحله سعی می‌شود با برداشتن ماده اضافی از سطح قطعه کار شکل بلوک اولیه به شکل قطعه نهایی نزدیک شود. در مرحله خشن‌تراشی معمولا از ابزارهای فرز خشن‌تراش با عمق بار شعاعی و محوری بالا به منظور بالا بردن نرخ براده برداری استفاده می‌شود. پس از مرحله خشن‌تراشی شکل قطعه کار تقریبا به شکل قطعه نهایی نزدیک شده است با این تفاوت که هنوز برخی جزئیات قطعه نهایی بر روی آن ایجاد نشده و قطعه‌کار از دقت ابعادی و کیفیت سطح مطلوبی برخوردار نیست. در مرحله نیمه پرداخت زوائد باقیمانده از مرحله خشن‌تراشی ماشینکاری می‌شود و جزئیات هندسی قطعه‌کار مطابق با هندسه قطعه نهایی ایجاد می‌گردد. هدف از مرحله آخر ماشینکاری یا همان مرحله پرداختکاری رساندن دقت ابعادی قطعه‌کار به محدوده تلرانس‌های تعیین شده و بهبود کیفیت سطح قطعه‌کار می‌باشد. برای عملیات پرداخت از عملیاتی به نام فرزکاری انگشتی استفاده می‌شود. در فرزکاری انگشتی سعی می‌شود که ابعاد نهایی قطعه‌کار با دقت بالایی ماشینکاری شده وکیفیت سطح مطلوبی به دست آید[۱].

## ۱-۲- اهداف کلی پروژه

فرآیند فرزکاری انگشتی [1]یکی از مهمترین فرآیندهای برش فلزات در صنعت ساخت می‌باشد. به کمک این فرآیند مواد به آسانی از روی قطعه‌کار برداشته می‌شوند و شکل نهایی قطعه را ایجاد می‌کند. فرآیند فرزکاری انگشتی جزء مراحل پایانی ساخت قطعه می‌باشد. به همین دلیل زبری سطح نهایی فرآیند دارای اهمیت ویژه‌ای است. این پژوهش برای رسیدن به اهداف زیر در فرآیند فرزکاری انگشتی انجام شده است.

۱. بررسی پارامترهای موثر در زبری سطح نهایی قطعه در فرآیند فرزکاری انگشتی

۲. انجام یک سری آزمایشات طراحی شده به کمک اصول طراحی آزمایشات برای به دست آوردن داده هایی تجربی جهت تحلیل فرآیند فرزکاری انگشتی

۳. مدلسازی فرآیند به کمک شبکه عصبی مصنوعی. مدلی که بتواند به ازای ورودی های جدید خروجی های فرآیند را بدون انجام آزمایش پیش‌بینی کند.

[1] End milling

۴. بهینه‌سازی فرآیند بوسیله الگوریتم ابتکاری ژنتیک برای رسیدن به مقادیر از پارامترهای ورودی که به ازای آنها زبری سطح که خروجی فرآیند است مینیمم شود.

## ۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

در دنیای امروز که روشهای ساخت و تولید به سرعت در حال توسعه و پیشرفت هستند کاربرد روشهای بهینه‌سازی در فرآیند برشکاری فلزات برای بالا بردن کیفیت قطعات و رقابت در بازار ضروری و سودمند به نظر می‌رسد. فرآیند فرزکاری انگشتی یکی از مهمترین فرآیندهای برش فلزات در صنعت ساخت می‌باشد. به کمک این فرآیند مواد به آسانی از روی قطعه برداشته می‌شود. از آنجایی که فرزکاری انگشتی در مراحل نهایی ساخت محصول استفاده می‌شود کنترل این فرآیند برای رسیدن به کیفیت سطح مطلوب مهم می‌باشد. زبری سطح نقش مهمی در تعیین و بالا بردن کیفیت سطح قطعه بازی می‌کند. زبری سطح قطعه بر ویژگی‌هایی از محصول مانند مقاومت خستگی، بازتاب نور، انتقال حرارت و ... تاثیر می‌گذارد و به همین دلایل و برای رسیدن به کیفیت مطلوب محصول باید تاحد امکان کیفیت سطح را بالا بردکه لازمه این هدف مینیمم کردن زبری سطح نهایی محصول می‌باشد. فاکتورها و پارامترهایی در عملیات فرزکاری هستند که بر زبری سطح نهایی محصول تاثیر می‌گذارند. که می‌توان پارامترهایی مانند سرعت برش، سرعت پیشروی، عمق برش، بار عرضی[1]، هندسه ابزار، جنس ابزار، جنس قطعه کار، استراتژی مسیر ابزار و ... نام برد. تعدادی از پارامترها مانند سرعت برشی، مقدار پیشروی و عمق برش بیشتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند. پارامترهایی که تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند مانند استراتژی مسیر ابزار و بار عرضی به همراه پارامترهای اصلی تاثیر گذار مانند سرعت برشی، نرخ پیشروی و عمق برش که جمعا ۵ پارامتر می باشند در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای اینکه تاثیر این پارامترها بر زبری سطح نهایی قطعه مشخص شود باید یک سری آزمایشات انجام شود تا یک مجموعه داده ورودی- خروجی ایجاد شود و از این داده ها برای ساختن یک مدل ریاضی از فرآیند استفاده کرد. در این پژوهش از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای مدلسازی فرآیند استفاده شده است. در نهایت برای بهینه سازی این فرآیند نیز باید یا از روشهای دقیق

[1] Step over

ریاضی و یا از الگوریتم‌های ابتکاری استفاده شود. در این پژوهش از روش ابتکاری الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

## ۱-۴- مروری بر تاریخچه موضوع

تاکنون مقالات زیادی در زمینه بهینه‌سازی پارامترهای فرآیند فرزکاری انگشتی نوشته شده است. در این مقالات از روش مدلسازی رگرسیون بیشتر استفاده شده است و روشی مانند شبکه عصبی مصنوعی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین در این مقالات پارامترهای متفاوتی از فرآیند برای بهینه‌سازی انتخاب شده و بیشتر پارامترهایی مانند سرعت برشی، نرخ پیشروی، عمق برش مورد توجه بوده است. با مراجعه به مقالات منتشر شده در این زمینه به نظر می‌رسد که روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی فرآیند فرزکاری کمتر مورد توجه پژوهشگران بوده است به طور مشخص کاربرد GA [1] برای مینیمم کردن زبری‌سطح [2] محدود بوده است[۲]. اکتم و همکارانش (H.oktem, 2006) به بهینه سازی پارامترهای فرزکاری برای رسیدن به کمترین زبری در ساخت قطعات پزشکی پرداختند آنها از مدل شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک برای مدلسازی و بهینه سازی استفاده کردند. نتایجی که به دست آوردند با مشاهدات تجربی آنها نزدیک به هم بود[۳]. زیان و همکارانش(A.M.Zian,2010) برای مدلسازی فرآیند فرزکاری انگشتی معماری‌های متعددی از شبکه عصبی مصنوعی امتحان کردند تا به معماری ۱-۱-۳ که کمترین خطای پیش‌بینی را داشت دست یافتند. آنها به این نتیجه رسیدند که برای رسیدن به زبری سطح مینیمم باید سرعت برشی را افزایش و نرخ پیشروی را کاهش داد[۴]. سارش (suresh,2002) با به کار بردن روش GA برای مینیمم کردن زبری سطح در فرآیند فرزکاری انگشتی به این نتیجه رسید که با افزایش عمق برش و شعاع نوک ابزار Ra افزایش پیدا می‌کند و کاهش نرخ تغذیه بیشترین تاثیر را در کاهش Ra دارد[۵].برزونیک و همکاران (F.Bernozik, 2004) نیز تحقیقاتی در زمینه بهینه سازی فرآیند فرزکاری انگشتی انجام داده‌اند. آنها به این نتیجه رسیدند که برای رسیدن به زبری سطح کمتر، GA پیشنهاد می‌کند که از سرعت برشی بالاتر استفاده شود[۶]. نتیجه تحقیقات کلاک و همکارانش (k.colak,2007) در بهینه سازی فرزکاری انگشتی این بود که با روش GA برای کاهش Ra نرخ تغذیه پایین و سرعت برشی بالا پیشنهاد می‌شود[۷]. نتایج تحقیقات تانسل و همکاران (I.Tansel,2008) این بود که روش GA زبری سطح را برای

[1] Genetic algorithm

[2] $R_a$

فولاد نرم را از ۲.۶۰ تا ۰.۷۱ میکرومتر با در نظر گرفتن پارامترهای برشکاری نظیر سرعت برشی، سرعت پیشروی و عمق برش کاهش می‌دهد[۸]. پلانیسمی (planisimy,2007) در تحقیقاتش نشان داد با در نظر گرفتن پارامترهایی مانند نرخ پیشروی، پیشروی محوری، سرعت برش، پیشروی شعاعی و تلورانس ماشینکاری و با استفاده از روش GA مقدار Ra از ۰.۴۱۲ تا۰.۳۷۵ میکرمتر کاهش می‌یابد که نشان دهنده ۱۰ درصد کاهش می‌باشد[۹]. نازیم زاکریا[1] و همکارش برای اولین بار تاثیر استراتژی‌های مسیر ابزار را بر روی زبری سطح نهایی قطعه مورد بررسی قرار دادند آنها همچنین تاثیر پارامتر step over را نیز در نظر گرفتند آنها به این نتیجه رسیدند که عمق برش در استراتژی رفت و برگشتی بیشترین تاثیر را بر عمق برش دارد و در استراتژی یک جهته نرخ پیشروی بیشترین تاثیر را بر زبری نهایی قطعه دارد[14].

[1] Nazim Sakarya

فصل دوم

# فرآیند فرزکاری