بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکدهٔ مهندسی مکانیک

پیش‌بینی صافی سطح ماشینکاری با شبکه‌های عصبی

فراهیم جعفروند

پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد
در رشتهٔ مهندسی مکانیک ـ ساخت و تولید

استاد راهنما:
دکتر رضا معدولیت

زمستان ۱۳۸۴

چکیده

صافی سطح نقش مهمی در کیفیت قطعات دارد. پیش‌بینی صافی سطح، موضوعی است که از مدت‌ها قبل مورد توجه محققان قرار گرفته است. در این پایان‌نامه مدل‌هایی برای پیش‌بینی صافی سطح ارایه شده است. پارامترهایی که در این مدل‌ها مورد نظر قرار گرفته‌اند پارامترهای ماشینکاری (سرعت برشی، پیشروی و عمق بار) و مولفه‌های نیروی ماشینکاری می‌باشند. ۳۶ آزمایش با ترکیب ۴ سطح سرعت برشی، ۳ سطح سرعت پیشروی و سه سطح عمق بار انجام گرفت و برای هر مورد، نیروهای ماشینکاری در سه جهت پیشروی، شعاعی و برشی اندازه‌گیری شد.برای هر قسمت ماشینکاری شده، زبری سطح با زبری‌سنج سوزنی اندازه‌گیری شد. سپس اثر پارامترهای ماشینکاری بر زبری سطح مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از داده‌های تجربی به دست آمده، یک مدل رگرسیون و سه مدل شبکه عصبی برای پیش‌بینی صافی سطح ایجاد شدند. هدف از ایجاد سه شبکه مختلف، بیان لزوم استفاده از شبکه‌های با قدرت تعمیم‌دهی بالا برای داده‌های نویزی به دست آمده و بیان قدرت بالای شبکه‌های عصبی در مقایسه با رگرسیون بود.

مدل‌های شبکه عصبی مورد استفاده، شبکه فیدفوروارد با الگوریتم آموزش لونبرگ–مارکوارد بود که در سه حالت مختلف الگوریتم لونبرگ ساده ، الگوریتم لونبرگ با ساماندهی بیزین و الگوریتم لونبرگ به همراه روش ارلی‌استاپینگ مورد استفاده قرار گرفت. کارایی هر کدام از مدل‌ها، با داده‌های تست ارزیابی شد. نتایج نشان دادند که برای داده‌های تجربی به دست آمده، شبکه بیزین بهترین نتایج پیش‌بینی را در مقایسه با دو مدل دیگر شبکه عصبی و همچنین، مدل رگرسیون می‌دهد و این امر به خاطر بالا بودن قدرت تعمیم‌دهی و جلوگیری از فیت شدن نویزها توسط مدل می‌باشد. میانگین خطای پیش‌بینی ٪۷/۲۴ ببا این روش به دست آمد که نتیجه کاملا قابل قبولی است. همچنین مشاهده شد که شبکه بیزین به مقادیر اولیه وزن‌ها و ساختار شبکه حساسیت کمی دارد و این باعث می‌شود که شبکه نسبت به شبکه‌های دیگر قابل اعتمادتر باشد.

در اینجا لازم می‌دانم که از زحمات آقای دکتر رضا معدولیت که همواره از کمک‌های ارزنده ایشان در طول انجام این پایان‌نامه بر خوردار بوده‌ام تشکر و قدردانی نمایم.

ماشینکاری قطعات و اندازه‌گیری صافی سطح در دانشگاه‌های صنعتی اصفهان و واحد اراک دانشگاه علم و صنعت انجام گرفت. از مسئولین کارگاه ماشین ابزار این دو دانشگاه و همچنین جناب آقای دکتر نریمانی به خاطر کمک‌های ارزنده ایشان تشکر می‌کنم.

از کلیه دوستانی که به هر نحوی مرا در انجام این پایان‌نامه یاری نمودند صمیمانه تشکر می‌کنم.

در نهایت از اعضای محترم هیئت داوری: آقایان دکتر بشارتی ، دکتر منتظری و دکتر احمدیان به دلیل تقبل داوری پایان‌نامه اینجانب و حضور در جلسهٔ دفاعیه تشکر می‌نمایم.

فراهیم جعفروند

دی ۱۳۸۴

تقدیم به:

پدر عزیز و مادر مهربانم که همواره مشوق من بوده‌اند

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول : مقدمه

۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- پیشینه تحقیق ۲
۱-۲-۱- مطالعات بر مبنای تئوری ماشینکاری ۳
۱-۲-۲- روش تجربی ۳
۱-۲-۲-۱- مطالعات تجربی ۳
۱-۲-۲-۲- ویژگی ۴
۱-۲-۳- روش طراحی آزمایش و تحلیل آنها ۴
۱-۲-۳-۱- تحقیقات انجام یافته به روش DOE ۴
۱-۲-۳-۲- ویژگی‌ها ۵
۱-۲-۴- روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی ۵
۱-۲-۴-۱- مرور تحقیقات انجام یافته به روش AI ۵
۱-۲-۴-۲- ویژگی‌ها ۶
۱-۳- طرح مساله ۷

فصل دوم: صافی سطح

۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲- تعریف اصطلاحات مرتبط با سطح مواد جامد ۱۰
۲-۳- مکانیزم های ایجاد صافی سطح ۱۱
۲-۳-۱- هندسه فرایند برش ۱۱
۲-۳-۲- کارایی فرایند برش ۱۲
۲-۳-۳- پایداری ماشین ابزار ۱۲
۲-۳-۴- دور کردن موثر براده ها ۱۲

عنوان صفحه

۲-۳-۵- زاویه لقی موثر ابزار برش ۱۳
۲-۴- عوامل موثر بر صافی سطح ۱۳
۲-۴-۱- هندسه ابزار برش ۱۳
۲-۴-۲- شکل براده و نحوه‌ی دور شدن آن ۱۴
۲-۴-۳- ارتعاشات ماشین ابزار ۱۴
۲-۴-۴- شرایط ماشینکاری ۱۴
۲-۴-۵-سایر شرایط ۱۵
۲-۵- معیارهای زبری سطح ۱۶
۲-۵-۱- زبری متوسط (Ra) ۱۷
۲-۵-۲- معیار میانگین مربعات (Rq) ۱۸
۲-۵-۳- معیار Rz ۱۹
۲-۵-۴- معیار Rt ۱۹
۲-۵-۵- پارامترهای طولی ۱۹
۲-۶- روش‌های اندازه‌گیری زبری سطح ۲۲
۲-۷- رابطه صافی سطح با تلرانس ابعادی قطعه ۲۳
۲-۸- سمبل زبری سطح ۲۴

فصل سوم: مروری بر شبکه‌های عصبی

۳-۱-مقدمه ۲۶
۳-۲- مدل بیولوژیکی نرون ۲۷
۳-۳- تاریخچه شبکه‌های عصبی مصنوعی ۲۸
۳-۴- تعریف شبکه عصبی مصنوعی ۲۸
۳-۵- مدل نرون مصنوعی ۲۸
۳-۶- توابع انتقال ۲۹

عنوان صفحه

۳-۷- شبکه پیش‌خور ۳۰
۳-۸- آموزش در شبکه‌های عصبی ۳۱
۳-۹- شبکه عصبی پرسپترون چند لایه ۳۱
۳-۱۰- پس‌انتشار خطا ۳۲
۳-۱۱- تعمیم‌دهی در شبکه‌های عصبی ۳۳
۳-۱۲-اورفیتینگ و جلوگیری از آن ۳۴
۳-۱۲-۱- بررسی اعتبار شبکه ۳۴
۳-۱۲-۲- روش کاهش وزن ۳۵
۳-۱۲-۳- روش شبکه بِیزیَن ۳۶
۳-۱۳- مقایسه کارائی روش‌های مقابله با اورفیتنگ ۳۷

فصل چهارم: آزمایش‌ها و نتایج مدل‌سازی

۴-۱- مقدمه ۳۹
۴-۲- مشخصات تجهیزات به کار رفته ۳۹
۴-۲-۱- مشخصات قطعه کار ۳۹
۴-۲-۲ مشخصات ابزار برش و نگهدارنده ابزار ۴۰
۴-۲-۳- مشخصات ماشین ابزار ۴۱
۴-۲-۴- مشخصات دینامومتر ۴۱
۴-۳- انتخاب پارامترها و نحوه انجام آزمایشها ۴۲
۴-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۴۵
۴-۴-۱- بررسی اثر پارامترها بر صافی سطح ۴۶
۴-۴-۲- مدل رگرسیون ۴۸
۴-۵- تخمین با شبکه عصبی ۵۱
۴-۵-۱- شبکه لونبرگ-مارکوارد ۵۱

عنوان صفحه

۴-۵-۲- شبکه لونبرگ- مارکوارد با ارلی‌استاپینگ ۵۳
۴-۵-۳- شبکه لونبرگ-مارکوارد با ساماندهی بیز(شبکه بیزین) ۵۵

فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات

۵-۱- نتایج ۶۲
۵-۲- پیشنهادات ۶۴

فهرست منابع ۶۷

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل۲-۱) مولفه‌های سطح قطعه ۱۱
شکل ۲-۲) اثر شعاع ابزار و سرعت پیشروی بر زبری سطح ۱۱
شکل ۲-۳) پارامترهای ابزار و زبری ۱۳
شکل۲-۴) پارامترهای موثر بر صافی سطح ۱۶
شکل۲-۵) نمونه پروفیل زبری ۱۷
شکل ۲-۶) اندازه گیری زبری Ra ۱۸
شکل۲-۷) سه سطح با پروفیل متفاوت و Ra یکسان ۱۹
شکل۲-۸) پارامترهای طولی در اندازه‌گیری زبری سطح ۲۰
شکل ۲-۹) نحوه انتخاب طول نمونه‌برداری مناسب ۲۰
شکل ۲-۱۰) شماتیک زبری‌سنج سوزنی ۲۲
شکل ۲-۱۱) بلوک‌های استاندارد مقایسه‌ای صافی سطح ۲۳
شکل ۲-۱۲) علامت زبری سطح در نقشه‌های فنی ۲۴

شکل۳-۱) نرون بیولوژیکی و اجزای آن ۲۷
شکل ۳-۲) مدل ریاضی یک نرون ۲۹
شکل ۳-۳)یک شبکه پرسپترون چند لایه با یک لایه مخفی ۳۲

شکل۴-۱) میکروساختار قطعه‌کار مورد استفاده[۱۰۰۰×] ۴۰
شکل ۴-۲) دینامومتر مورد استفاده در آزمایش ۴۲
شکل ۴-۳) نمونه‌ای از خروجی دینامومتر ۴۴
شکل ۴-۴) شماتیک ارتباط تجهیزات به کاررفته ۴۵
شکل ۴-۵) اثر فاکتورهای اصلی برش بر زبری سطح ۴۶
شکل ۴-۶) اثر متقابل پارامترهای ماشینکاری بر صافی سطح ۴۷
شکل۴-۷) نمایش گرافیکی شبکه مورد استفاده ۵۲
شکل۴-۸) نمودار آموزش شبکه ۵۲

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۴-۹) مقادیر زبری پیش‌بینی شده بر حسب مقادیر واقعی برای شبکه لونبرگ-مارکوارد ۵۳
شکل ۴-۱۰) خطای داده‌های آموزش (تو پر) و معتبرسازی (خط‌چین) بر حس دوره آموزش ۵۴
شکل ۴-۱۱) مقادیر زبری پیش‌بینی شده بر حسب مقادیر واقعی برای شبکه ارلی‌استاپینگ ۵۵
شکل ۴-۱۲) مقادیر زبری پیش‌بینی شده بر حسب مقادیر واقعی برای شبکه بیزین ۵۷
شکل۴-۱۳) نتایج پیش‌بینی داده‌های آموزش (شبکه ۱-۱۵-۶) ۵۸
شکل۴-۱۴) نتایج پیش‌بینی داده‌های تست (شبکه ۱-۱۵-۶) ۵۸
شکل ۴-۱۵) نتایج پیش‌بینی داده‌های تست برای شبکه (۱-۲-۶) ۵۹
شکل ۴-۱۶) نتایج پیش‌بینی داده‌های تست برای شبکه(۱-۲-۶) ۵۹

فهرست جداول

عنوان جدول صفحه

.جدول۲-۱) طول نمونه برداری بر حسب فرایند های مختلف ۲۱
جدول۴-۱) معادل‌های فولاد CK45 در سایر استانداردها ۴۰
جدول ۴-۲) ترکیب شیمیایی فولاد CK45 ..... ۴۰
جدول۴-۳) مشخصات کلی ابزار مورد استفاده ۴۱
جدول ۴-۴)مشخصات هندسی ابزار مورد استفاده ۴۱
جدول ۴-۵) مشخصات دینامومتر ۴۱
جدول۴-۶) طراحی آزمایشات ۴۳
جدول ۴-۷)نتایج پیش‌بینی مدل رگرسیون و محاسبه خطای میانگین پیش‌بینی ۵۰
جدول ۴-۸)مقادیر پیش‌بینی و خطا برای شبکه لونبرگ ۵۳
جدول ۴-۹) مقادیر پیش‌بینی و خطا برای شبکه ارلی‌استاپینگ ۵۵
جدول ۴-۱۰) مقادیر پیش‌بینی و خطا برای شبکه بیزین ۵۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

صافی سطح از پارامترهای مهم کیفیت قطعه است. اهمیت پارامتر به این خاطر است که بسیاری از خواص قطعه از جمله خواص تریبولوژیکی قطعه، عمر خستگی، مقاومت خوردگی و ... را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از طرفی صافی سطح قطعه در مراحل نهائی تولید به دست می‌آید و رد شدن قطعه از کنترل کیفیت به خاطر صافی سطح نامناسب، باعث می‌شود که کل هزینه‌ای که برای تولید قطعه تا آن مرحله صرف شده است به هدر برود. از طرفی بازار رقابتی امروز، سازندگان را مجبور می‌کند که حداکثر کنترل کیفیت را روی قطعات ساخت خودشان اعمال کنند تا بتوانند کیفیت صددرصد قطعات را تضمین کنند. در روش سنتی، کنترل کیفیت سطح با ابزارهای اندازه‌گیری زبری انجام می‌شود که کاری وقت‌گیر و نیازمند اپراتور است. جهت غلبه بر این مشکلات، محققان سعی در ارائه مدل‌های مختلفی برای صافی سطح کردند که هدف آنها شبیه‌سازی شرایط ماشینکاری و تخمین صافی سطح بود. برای این کار، محققان از ابزارهای مختلفی از جمله تئوری‌های ماشینکاری، روش‌های ریاضی، روش‌های آماری استفاده کردند. آنها با این روش روابط مختلفی برای صافی سطح ارائه کردند که در عین این که دید خوبی نسبت به فرآیند و اثر پارامترها ایجاد می‌کرد اغلب مدل‌های ناقصی بودند.

گسترش روش‌های پیش‌بینی قابل اعتماد نظیر شبکه‌های عصبی، منطق فازی و ... مسیر جدیدی در پیش-بینی صافی سطح و همچنین کنترل کیفیت آنلاین قطعات گشود و محققان زیادی شروع به تحقیق در این زمینه‌ها کردند. در این فصل به خلاصه‌ای از این تحقیقات اشاره خواهد شد.

در فصل دوم به بررسی زبری سطح، مکانیزم‌های شکل‌گیری آن، پارامترهای موثر بر زبری و اندازه‌گیری زبری پرداخته می‌شود.

فصل سوم به بحث مختصری در مورد شبکه عصبی، مشکل تعمیم و روش‌های غلبه بر این مشکل می‌پردازد.

در فصل چهارم، ابتدا نحوه انجام آزمایشات و به دست آوردن داده‌های لازم برای آموزش شبکه بیان می‌شود. در ادامه، مدل‌های ایجاد شده برای پیش‌بینی زبری سطح مورد بررسی قرار می‌گیرد. سه مدل شبکه عصبی و یک مدل رگرسیون برای این کار ایجاد شده و کارایی آنها برای پیش‌بینی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در نهایت، در فصل پنجم به بیان نتایج پرداخته می‌شود و پیشنهاداتی به عنوان ادامه کار معرفی می‌گردد.

۱-۲- پیشینه تحقیق

در بررسی مطالعات انجام یافته در زمینه پیش‌بینی صافی سطح، به دو نوع می‌توان به مساله نگاه کرد:

۱- سیر تاریخی مساله بررسی صافی سطح ۲- بررسی روش‌شناختی مساله

در این قسمت، بیشتر نگاه دوم مد نظر است وبنابراین، مطالعات انجام یافته بر حسب روش‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی طبقه‌بندی شده‌اند اما طبقه‌بندی مطالعات انجام یافته بر اساس روش کار آسان نمی‌باشد زیرا بسیاری از مقالات، در کل روش خاصی را دنبال نمی‌کنند بلکه آنها با ترکیبی از روش‌های مختلف، تحقیقات خود را انجام می‌دهند. با این وجود، روش‌های انجام یافته با توجه به مرجع [۱]، به چهار گروه مختلف تقسیم می‌گردند:

- تحقیقاتی که بر مبنای تئوری ماشینکاری است و الگوریتم‌ها یا روابطی بر مبنای این تئوری برای بیان صافی سطح بدست آمده است.
- تحقیقاتی که در آنها اثر عوامل مختلف بر روی صافی سطح با انجام آزمایشات بررسی شده و سپس نتایج این تحقیقات تحلیل شده است. (روش تجربی)
- تحقیقاتی که از روش طراحی آزمایش[1] استفاده کرده‌اند.
- تحقیقاتی که از روش‌های هوش مصنوعی[2] استفاده نموده‌اند.

1 - Design of Experiment (DOE)
2 -Artificial Intelligence (AI)

۱-۲-۱- مطالعات بر مبنای تئوری ماشینکاری

این دسته که جزء قدیمی‌ترین روش‌های بکار رفته است شامل تحقیقاتی است که بر یکی از جنبه‌های تئوری ماشینکاری، مشخصات ابزار برش، مکانیزم تشکیل براده و ... تاکید دارد. با وجود مبنای قوی ریاضی این روش، به خاطر پیچیده بودن مکانیزم تشکیل سطح، هنوز یک رابطه جامع پیدا نشده است. شاید قدیمی‌ترین رابطه در این دسته همان رابطه معروف زبری سطح با سرعت پیشروی و شعاع ابزار باشد که در فصل بعد در مورد آن بحث خواهد شد.(رابطه۱-۱)

$$R_t = \frac{f^2}{8r} \times 1000 \qquad (۱-۱)$$

اما این مدل کارائی لازم را نداشت. زیرا بسیاری از پارامترهای موثر و مهم ماشینکاری، در آن نادیده گرفته شده است. از جمله این پارامترها می‌توان به سایش ابزار و ارتعاش ماشین اشاره کرد. در هر حال، در تحقیقات کنونی در مورد صافی سطح، روش‌های مبتنی بر تئوری ماشینکاری به ندرت یافت می‌شود و بیشتر تحقیقات انجام یافته بر مبنای روش‌های هوش مصنوعی و یا طراحی آزمایش است.

۱-۲-۲- روش تجربی

در این روش، آزمایشات با عواملی که مهم‌تر از بقیه به نظر می‌رسند انجام می‌شود. نتایج بدست آمده جهت تحقیق اثر هر عامل مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً از آنالیز رگرسیون جهت ساخت مدل از روی داده‌های تجربی استفاده می‌شود. قدرت تحلیل و دید محقق، نقش مهمی در این روش دارد و درک کامل پدیده مورد آزمایش، برای دادن نتایج با معنی لازم است. روش تجربی معمولاً وقتی مورد استفاده قرار می-گیرد که رابطه مشخصی بین پارامترها و پاسخ وجود ندارد [۱].

۱-۲-۲-۱- مطالعات تجربی

رابطه بین پارامترهای ماشینکاری و ارتعاش، با صافی سطح، در مرجع [۲] آزمایش شده است. متغیرهای در نظر گرفته شده سرعت برش، عمق برش، نرخ پیشروی، شعاع نوک ابزار، زاویه برخورد، طول و قطر قطعه‌کار و شتاب در جهت شعاع و پیشروی بودند. از بین مدل‌های استخراج شده با رگرسیون، مدلی که هم شامل پارامترهای ماشینکاری و هم ارتعاشات بود قادر به پیش‌بینی‌های دقیق‌تری بود.

لو[1] وهمکارانش [۳]، اثر سه پارامتر سرعت برشی، عمق برشی و سرعت پیشروی را بر صافی سطح قطعه آلومینیومی، در فرآیند فرزکاری بررسی کردند. مدل رگرسیونی توسعه یافته، قادر به پیش بینی داده‌ها با دقت ۹۰٪ بود طبق نتایج آنالیز رگرسیون، سرعت پیشروی بیشترین اثر را روی صافی سطح داشت.

ساواژ[2] و چن[3] [۴] با سه پارامتر پیشروی، عمق بار و دور اسپیندل آزمایشاتی را ترتیب داده و داده‌های ارتعاشی را توسط یک سنسور شتاب‌سنج جمع‌آوری کردند. مدل‌های پیشنهادی برای محاسبه R_a در این مقاله، دقت پیش‌بینی قابل توجهی نداشتند. محققین علت کم دقتی را کم بودن داده‌ها می‌داند و توصیه به استفاده از روش‌های جایگزین رگرسیون، به ویژه روش‌های با قابلیت یادگیری، نظیر شبکه عصبی می‌کند.

۱-۲-۲-۲- ویژگی

این روش نیز از روش‌های قدیمی بررسی صافی سطح است. آزمایش، مشاهده و نتیجه‌گیری اساس هر فعالیت علمی تحقیقاتی است. مزیت این روش، سادگی اجرای آن است. مزیت دیگر این‌که بسته به میزان درک پدیده، می‌تواند نتایج خوبی بدهد اما نتایج بدست آمده خیلی قابل استفاده نیستند و حتی برخی محققین این روش، خود پیشنهاد استفاده از روش‌های دیگر نظیر شبکه‌های عصبی و ... داده‌اند.

۱-۲-۳- روش طراحی آزمایش و تحلیل آنها

دلیل این‌که این روش از روش قبلی متمایز شده شده است این است که روشDOE یک روش سیستماتیک شامل طراحی آزمایش‌ها، جمع‌آوری و آنالیز بهینه داده‌های آنها می‌باشد [۱].

روش رویه پاسخ[4] و روش تاگاشی[5] برای طراحی آزمایش، از پر استفاده‌ترین روش‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی صافی سطح می‌باشند [۱].

۱-۲-۳-۱- تحقیقات انجام یافته به روش DOE

کیربای[6] و همکارانش [۵]، آزمایشاتی را با پارامترهای دور اسپیندل، عمق برش و سرعت پیشروی، هر کدام به ترتیب در۳، ۶ و۶ سطح انجام دادند. در هر آزمایش، ارتعاشات ابزار تراشکاری توسط یک سنور شتاب‌سنج جمع‌آوری شدند. نتایج تحلیل واریانس مشخص کرد که پارامترهای پیشروی و سه مولفه

1 - M.S.Lou
2 - M.D.Savage
3 - J.C.Chen
4 - Response surface methodology (RSM)
5 - Taguchi method
6 - E.D.Kirby

ارتعاشی، پارامترهای موثر در صافی سطح هستند. سپس با این چهار پارامتر، یک مدل رگرسیون برای صافی سطح بدست آمد.

ونگ[1] و فنگ[2] [۶] از شش پارامتر سختی قطعه‌کار، پیشروی، زاویه نوک ابزار، عمق برش، سرعت اسپیندل و زمان برش جهت ایجاد مدل برای پرداخت‌کاری در فرآیند تراش استفاده کردند. سرعت پیشروی به عنوان مهمترین عامل شناخته شد.

Özel و همکارانش [۷]، از یک طرح عاملی ۴[2] برای مطالعه اثر سختی قطعه، هندسه ابزار، سرعت برش و سرعت پیشروی بر صافی سطح و همچنین نیروهای ماشینکاری استفاده کردند. آنالیز واریانس مشخص کرد که تمام عوامل، بر صافی سطح اثر دارند اما در مورد نیرو، پیشروی اثر قابل صرف نظری دارد.

در مرجع [۸]، محققان یک مدل به روش رویه پاسخ با پارامترهای سرعت برشی، پیشروی و عمق برشی ایجاد کردند. محققان در نهایت خلاصه کردند که موثرترین عامل بر صافی سطح، نرخ پیشروی است و همچنین با افزایش عمق بار و سرعت برش، صافی سطح افزایش می‌یابد.

۱-۲-۳-۲- ویژگی‌ها

به خاطر پیشینه قوی آماری، این روش‌ها می‌توانند در محدوده وسیعی از مشکلات مهندسی به کار برده شوند. به ویژه وقتی که محدوده جستجو برای حالت بهینه باید کاسته شود (محدود کردن تعداد آزمایشات). با این روش‌ها می‌توان پارامترها را به ترتیب میزان اثر به پاسخ مشخص کرد [۱].

۱-۲-۴- روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی

اِعمال AI به مسائل مهندسی از طریق شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، منطق فازی و سیستم‌های خبره صورت می‌گیرد. در مورد پیش‌بینی صافی سطح، از بین روش‌های فوق، روشی که بیشترین استفاده را داشته است روش شبکه عصبی است. در این پایان‌نامه نیز، از این روش استفاده شده است.

۱-۲-۴-۱- مرور تحقیقات انجام یافته به روش AI

Karpat و Özel [۹-۱۰]، یک مدل پیشگو برای صافی سطح و سایش ابزار در ماشینکاری AISI H13 با ابزار CBN توسعه دادند. در این دو مقاله از دو الگوریتم لونبرگ-مارکوارد[3] و Resilent Backpropagation استفاده شده است که از زیر شاخه‌های روش پس انتشار خطا می‌باشند. در هر دو مورد، مدل‌ها قدرت

1 - X.Wang
2 - C.X.Feng
3 - Levenberg-Marquardt

پیش‌بینی خوبی داشتند ولی به گفته محققان، در مورد قدرت تعمیم‌دهی شبکه هنوز جای بحث وجود دارد و می‌توان آن را بهبود داد.

در مرجع [۱۱]، ریسبود[1] و همکارانش با استفاده از فیدبک ارتعاش شعاعی هولدر ابزار و شرایط ماشینکاری، چندین شبکه مختلف برای ابزارهای برشی مختلف، جهت پیش‌بینی صافی سطح و انحراف ابعادی قطعه، آموزش دادند. آنها جهت آموزش شبکه از روش لونبرگ–مارکوارد استفاده کردند.

هوانگ[2] و چن [۱۲]، چنین مدلی را برای پیش‌بینی صافی سطح با استفاده از نیروهای ماشینکاری در فرآیند فرزکاری استفاده کردند و به دقت پیش بینی ٪۸۹/۵ برای داده‌های تست رسیدند.

در یک تحقیق دیگر [۱۳]، محققان از روش شبکه عصبی برای پیش‌بینی صافی سطح در تراشکاری با سیال خنک‌کننده و بدون سیال خنک‌کننده و با ابزارهای کاربیدی و تندبر، استفاده کردند. در این مورد نیز الگوریتم یادگیری مورد استفاده، پس انتشار خطا بود.

تحقیقات مشابهی در مراجع [۱۶–۱۴] انجام شده که همگی از روش شبکه عصبی استفاده نموده‌اند در هر سه مورد از الگوریتم پس انتشار خطا برای آموزش استفاده شده است.

کاری[3] و همکارش[۱۷]، دقت و سرعت سه شبکه مختلف را در پیش‌بینی صافی سطح در فرایند سوراخکاری باهم مقایسه کردند. این سه شبکه، شبکه پیش‌خور[4] با الگوریتم پس انتشار خطا، شبکهRBF و شبکه پیش‌خور با الگوریتم آموزش بهینه‌سازی لایه به لایه[5] بودند که نوع سوم دارای بهترین دقت بود.

۱–۲–۴–۲– ویژگی‌ها

استفاده از شبکه عصبی برای پیش‌بینی در ماشینکاری، در سال‌های اخیر گسترش یافته است. پیشرفت-های اخیر در زمینه شبکه عصبی، از جمله روش‌های جدید آموزش به علاوه افزایش قابلیت پردازش کامپیوترها باعث شده است که محققان زیادی به کار در این زمینه مشغول شوند. مزیت عمده این روش نسبت به روش‌های کلاسیک، قابلیت استفاده از آن بصورت آنلاین است. مزیت‌های مهم دیگر شبکه عصبی، قابلیت استفاده از آن برای داده‌های نویزی، پخش عملیات پردازش بین نرون‌هایی که به موازات هم کار می‌کنند، قابلیت بالای ترکیب شدن با کامپیوتر، قابلیت استفاده به صورت ترکیب با روش‌های کلاسیک مثل روش طراحی آزمایش و در نهایت قابلیت پیاده‌سازی بر روی سخت‌افزار است [۱].

1 - K.A.Risbood
2 - B.Huang
3 - V. Karry
4 - Feedforward
5 - Optimization Layer by Layer (OLL)

۱-۳- طرح مساله

با دقت در مطالعات انجام شده، مشخص می‌شود که در اکثر موارد، محققان بحثی در مورد قدرت تعمیم-دهی[1] شبکه‌ها نکرده‌اند و همچنین در اکثر موارد مشاهده می‌شود که آزمایشات لازم، برروی ماشین‌آلات دقیق و در شرایط آزمایشگاهی انجام شده است که این شرایط با شرایط عملی کارگاه‌ها، که در آنها اولاً دستگاه‌ها، کار کرده و خارج از تلرانس‌های اولیه هستند و ثانیاً محیط کارگاه‌ها پر از انواع نویزهای ارتعاشی ومغناطیسی است که صافی سطح و همچنین خروجی سنسورها را تحت تاثیر قرار می‌دهند، متفاوت است. بنابراین انجام تحقیقی که این موارد را در نظر بگیرد لازم به نظر می‌رسد.

ویژگی بارز این پایان نامه در مقایسه با کارهای مشابه این است که آزمایشات با یک دستگاه تراش معمولی که در اغلب کارگاه‌های قطعه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد انجام شده است و شرایط آزمایش به شرایط عملی نزدیک‌تر بوده است. همچنین با در نظر گرفتن این که این داده‌ها نویزی هستند از شبکه‌ای استفاده شده است که قابلیت تعمیم‌دهی بالا و نویزگیری را دارد.

1 - Generalization