وَقُل رَّبِّ أَدْخِلْنِی مُدْخَلَ صِدْقٍ وَ أَخْرِجْنِی مُخْرَجَ صِدْقٍ وَاجْعَل لِّی مِن لَّدُنکَ سُلْطَانًا نَّصِیرًا

و بگو پروردگارا مرا در هر کاری به طرز درست داخل کن و به طرز درست خارج ساز و از جانب خود برای من تسلطی یاری بخش قرار ده ﴿اسرا- ۸۰﴾

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی

دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب ، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ٤- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه می باشد، باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ٥- این آیین‌نامه در ٥ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/٤/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/٤/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱٥ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی مکانیک است که در سال ۱۳۸۸ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر محمدجواد ناطق، از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب مرتضی شنکایی دانشجوی رشته مهندسی مکانیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مرتضی شنکایی

تاریخ و امضا:

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی مکانیک

گروه ساخت و تولید

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک

گرایش ساخت و تولید

طراحی سیستم جامع CAFD و تولید مدولهای برنامه آزمایشی

نگارنده: مرتضی شنکایی

استاد راهنما: دکتر محمد جواد ناطق

شهریور ۱۳۸۸

تقدیم به

رحمة للعالمین

حضرت مهدی عج

با وجود زبان قاصر و قلم نارسا لازم است اذعان دارم که سعی استاد بدین راه کشاندم ورنه من کجا و این دریای عمیق تحقیق، لذا همین جا از تمام استادانی که مرا در این راه تایید و حمایت کرده اند قدردانی و تشکر می نمایم، به خصوص استاد ارجمند جناب آقای دکتر محمد جواد ناطق که زحمت راهنمایی اینجانب را بر عهده داشتند. همچنین لازم می دانم که از پدر و مادرم که از هر گونه کمکی به من دریغ نکردند، صمیمانه تشکر مخصوص نمایم.

با امید موفقیت برای همه

مرتضی شنکایی

چکیده

طراحی بندها به کمک رایانه (CAFD) می‌تواند واسطی برای برنامه‌های طراحی به کمک رایانه (CAD) و ساخت به کمک رایانه (CAM) باشد.

تولید مدولهای برنامه طراحی بند، شامل طراحی برنامه هوش مصنوعی سیستم خبره، برنامه تعیین نقاط جاسازی به کمک تئوری پیچ‌ها، برنامه تحلیل بند و جایگذاری تکیه‌گاه‌ها به کمک المان محدود و نیز ایجاد خروجی، پایه‌ای برای تولید سیستم جامع طراحی بندها به کمک رایانه است.

پس از تولید مدول‌ها، به کمک برنامه‌ای دیگر به یکپارچه‌سازی آنها پرداخته می‌شود. این برنامه در محیط نرم‌افزار Mechanical Desktop و با استفاده از المان‌های کمکی آن، مدولهای برنامه را یکپارچه می‌سازد.

در نرم‌افزار سیستم جامع طراحی بندها به کمک رایانه، ورودی، مدل سه بعدی قطعه‌کار است و پس از طرح‌ریزی بند، انتخاب و جایگذاری المان، تحلیل المان محدود برای جایگذاری تکیه‌گاه و مونتاژ المان‌ها و قطعه‌کار، خروجی را به صورت نقشه سه نمای استاندارد ترسیم می‌نماید.

واژگان کلیدی: بندها و قیدها، طراحی بندها به کمک رایانه، سیستم‌های خبره، تئوری پیچ، روش المان محدود

فهرست مطالب

چکیده..... **Error! Bookmark not defined.**

واژگان کلیدی: ..... **Error! Bookmark not defined.**

فهرست مطالب..... **Error! Bookmark not defined.**

فهرست شکلها..... ر

فهرست جدولها..... ز

۱- فصل اول: مقدمه..... ۱

۱-۱- اصول و مبانی طراحی بندها..... ۲

۱-۲- طراحی بندها به کمک رایانه..... ۴

۱-۳- اهداف این تحقیق..... ۵

۱-۴- مروری بر فعالیتهای صورت گرفته..... ۶

۲- فصل دوم: سیستمهای خبره..... ۱۳

۲-۱- مقدمه..... ۱۴

۲-۲- ارکان سیستم خبره:..... ۱۵

۲-۲-۱- هوش مصنوعی:..... ۱۵

۲-۲-۲- فضای حالت:..... ۱۷

۲-۲-۳- تکنیک جستجو در فضای حالت:..... ۱۷

۲-۲-۴- دانش در سیستم‌های خبره ۱۸

۲-۲-۵- استنتاج:..... ۱۹

۲-۲-۶- موتور استنتاج: ۲۱

۲-۲-۷- امکانات تفسیر..... ۲۲

۲-۲-۸- واسط کاربر ۲۲

۲-۳- ابزارهای ایجاد سیستم‌های خبره:..... ۲۳

۲-۴- توسعه سیستم خبره ۲۵

۲-۴-۱- تعاریف ۲۵

۲-۴-۲- دریافت اطلاعات:..... ۲۸

۲-۴-۳- موتور استنتاج ۳۰

۲-۴-۴- پوسته سیستم خبره:..... ۳۲

۳- فصل سوم: سینماتیک..... ۳۴

۳-۱- مقدمه ۳۵
-۲-۳ فضای پلوکر ۳۶
۳-۳- تئوری پیچ ۳۷
۳-۳-۱- چرخه ۳۸
۳-۳-۲- پیچه ۳۹
۳-۴- کاربرد پیچها در بندها ۴۰
۳-۵- توسعه برنامه تئوری پیچها: ۴۲
۴- فصل چهارم: ایجاد سیستم جامع طراحی بند ۴۶
۴-۱- مقدمه ۴۷
۴-۲- انتخاب برنامه CAD مناسب ۴۷
۴-۳- تحلیل المان محدود: ۵۲
۵- فصل پنجم: مطالعه موردی ۵۸
۵-۱- مقدمه ۵۹
۵-۲- اجرای برنامه ۵۹
۶- فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۶۷
۶-۱- نتیجه‌گیری ۶۸
۶-۲- پیشنهادها ۶۹
فهرست منابع و مراجع ۷۰
۷- پیوستها: ۷۱
۷-۱- پیوست ۱: برنامه سیستم خبره ۷۲
۷-۲- پیوست ۲: برنامه تئوری پیچ ۸۰
واژه نامه انگلیسی به فارسی ۸۴
واژه نامه فارسی به انگلیسی ۸۷

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ نمودار مراحل طرح ریزی قید و بندها[۱] ۲
شکل ۱-۲ مراحل طراحی و ساخت قید و بندها[۱] ۳
شکل ۱-۳ مراحل طراحی بندها به کمک رایانه ۴
شکل ۱-۴ ارتباط مدولهای برنامه و پایگاه داده با سیستم جامع ۶
شکل ۲-۱ الف- جستجو در عمق ب- جستجو در پهنا ۱۸
شکل ۲-۲ حل مسئله در استنتاج تمثیلی [۶] ۲۱
شکل ۲-۳ پیکره یک سیستم خبره[۶] ۲۲
شکل ۲-۴ مدت زمان توسعه سیستم‌های خبره[۶] ۲۳
شکل ۲-۵ ساختار یک سیستم خبره [۹] ۲۵
شکل ۲-۶ ساختار مفهوم در سیستم خبره ۲۶
شکل ۲-۷ ساختار مفهوم Body و Surface ۲۶
شکل ۲-۸ ساختار مفهوم Fixture ۲۷
شکل ۲-۹ نمودار جریان برای ورود اطلاعات و تفسیر در برنامه سیستم خبره ۲۹
شکل ۲-۱۰ نمودار جریان طریقه استنتاج در برنامه سیستم خبره ۳۰
شکل ۲-۱۱ نمودار جریان استفاده از قوانین سیستم خبره ۳۱
شکل ۲-۱۲ نمودار جریان پوسته سیستم خبره ۳۳
شکل ۳-۱ جاسازها در بند[۱۷] ۴۱
شکل ۳-۲ نمودار جریان برنامه تئوری پیچ‌ها ۴۳
شکل ۳-۳ مثالی از روش استفاده از تئوری پیچ‌ها ۴۴
شکل ۳-۴ مثالی از روش استفاده از تئوری پیچ‌ها ۴۵
شکل ۴-۱- نمودار جریان برای سیستم جامع طراحی بند ۵۰
شکل ۴-۲- دریافت اطلاعات توسط سیستم جامع ۵۰
شکل ۴-۳- دریافت اطلاعات قطعه‌کار توسط سیستم جامع ۵۱
شکل ۴-۴- نمایش اطلاعات خروجی از سیستمهای خبره ۵۲
شکل ۴-۵- نمایش اطلاعات خروجی از تحلیل المان محدود و نیز ایجاد نقشه مونتاژی و ترسیم آن ۵۵
شکل ۴-۶- نمودار جریان سیستم جامع طراحی بندها ۵۵
شکل ۵-۱- قطعه‌کار مورد مطالعه ۵۹
شکل ۵-۲- نمایی از برنامه VBA Manager ۶۰

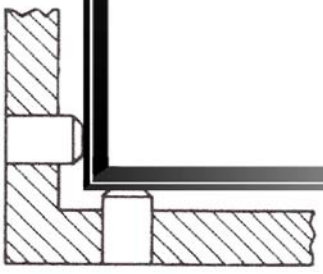
شکل ۵-۳- اجرای برنامه در MDT ۶۰
شکل ۵-۴- ورود اطلاعات ۶۱
شکل ۵-۵- درخواست انتخاب ضلع طولی قطعه‌کار ۶۱
شکل ۵-۶- درخواست انتخاب اضلاع مقطع قطعه‌کار ۶۲
شکل ۵-۷- حصول اطمینان از صحت تعداد اضلاع ۶۲
شکل ۵-۸- نتایج انتخاب المان و جایگذاری آن برای تمامی وجوه قطعه‌کار ۶۳
شکل ۵-۹- الف- بررسی نیاز به المان تکیه‌گاهی ب- نتیجه بررسی ۶۴
شکل ۵-۱۰- المان بندی قطعه‌کار توسط MDT ۶۵
شکل ۵-۱۱- نتیجه تحلیل المان محدود قطعه‌کار توسط MDT ۶۵
شکل ۵-۱۲- مونتاژ المانها با قطعه‌کار ۶۶
شکل ۵-۱۳- نقشه مونتاژی قطعه‌کار ۶۶

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱ سیستم‌های خبره تجربی[۶] ۱۵
جدول ۲-۲ سیستم‌های خبره با پایگاه دانش قانون مدار [۸] ۱۶
جدول ۴-۱ مشخصات مربوط به برنامه‌های CAD ۴۸
جدول ۴-۲ امتیازدهی بر اساس نیاز به برنامه‌های CAD ۴۹
جدول ۴-۳ نمونه فعالیت‌های صورت گرفته در زمینه تحلیل المان محدود [۱۷] ۵۴

۱- فصل اول:

مقدمه

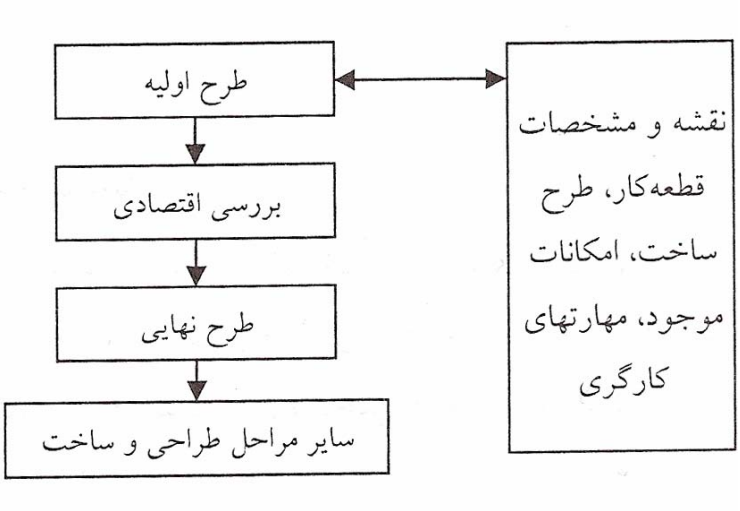


۱-۱- *اصول و مبانی طراحی بندها*

اصول و مبانی طراحی قید و بندها را می‌توان در قالب شیوه‌های منظم و منسجم ارائه کرد. تبعیت از این شیوه ها و اصول کمک شایانی به تربیت سریعتر طراحان جدید می‌کند. کاربرد رایانه و استفاده از روش‌های تحلیلی نیز برای دستیابی به اهداف مذکور در حال گسترش است.

طراحی و ساخت قید و بند ها را می‌توان در ۵ مرحله به این شرح انجام داد:

۱- طرح اولیه، تصویر کلی قید و بند مورد نیاز، ترسیم و نوع و نحوه عملکرد آن مشخص می‌شود. در شکل ۱-۱ مراحل طرح ریزی مشخص شده است. در طراحی به کمک رایانه، طرح ریزی بر عهده سیستم خبره می‌باشد.



شکل ۱-۱ نمودار مراحل طرح ریزی قید و بندها [1]

۲- تعیین موقعیت اجزا، نظیر جاسازها، تکیه‌گاه‌ها و بست‌ها[1] جهت حذف درجات آزادی. در طراحی موقعیت جاسازها باید به اصولی نظیر حداکثر بودن فاصله جاسازها جهت حصول حداکثر دقت ابعادی و یا فاصله زاویه‌ای مناسب توجه داشت. همچنین موقعیت

1- locators, supports and clamps

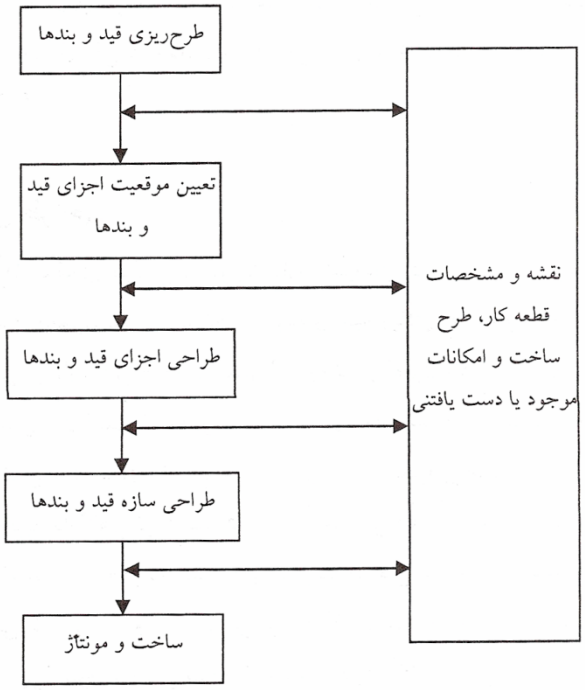
جاسازها نسبت به جهت ماشینکاری و انتخاب سطح مناسب جهت کاهش تجمع تلرانس باید به دقت مورد توجه قرار گیرد.

۳- انتخاب موقعیت جاسازها و بست‌ها توسط روابط سینماتیکی تعیین می‌گردد. در طراحی رایانه‌ای الگوریتم‌های سینماتیکی نظیر تئوری پیچ‌ها به طراح در تعیین موقعیت جاسازها کمک می‌کند.

۴- موقعیت تکیه‌گاه‌ها با تعیین بیشترین مقدار جابجایی در قطعه‌کار پس از اعمال نیروی بست‌ها، توسط تحلیل المان محدود به دست خواهد آمد.

۵- طراحی اجزای قید و بند نظیر نوع جاسازها و تکیه‌گاه‌ها و بست‌ها، طراحی سازه، تعیین نوع جنس و ابعاد و در نهایت ساخت و مونتاژ قید و بندها.

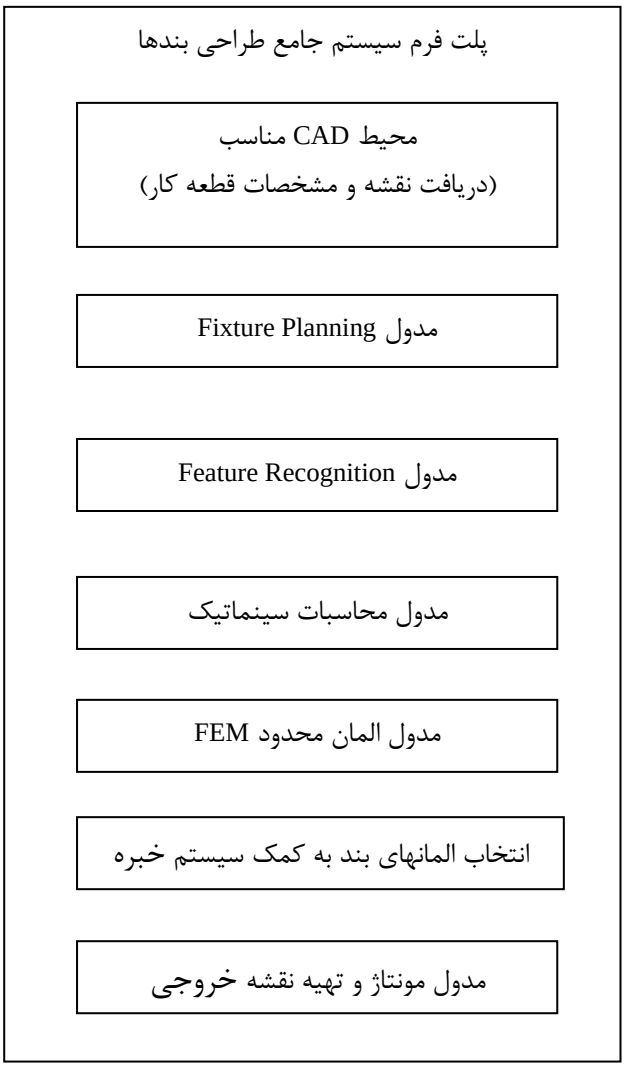
شکل ۱-۲ بیانگر این مراحل است.[۱]



شکل ۱-۲ مراحل طراحی و ساخت قید و بندها[1]

۱-۲- طراحی بندها به کمک رایانه

برای ایجاد یک سیستم جامع طراحی بند بایستی مدولهای ذکر شده در شکل ۱-۳ به درستی با یکدیگر ارتباط داشته باشند و تشکیل یک پلت فرم مناسب دهند.



شکل ۱-۳ مراحل طراحی بندها به کمک رایانه

در سیستم جامع طراحی بندها، پس از آنکه نقشه قطعه‌کار و مشخصات آن در مدل CAD آورده شد، مدول Planning با توجه به مشخصات قطعه‌کار و اطلاعات ارائه شده از برگ عملیات[1] به طرح‌ریزی بند می‌پردازد.

1- Operation Sheet

اطلاعات مربوط به برگ عملیات می‌تواند توسط فرد خبره نوشته شده و کاربر آن را وارد نماید و یا به طور مستقیم توسط برنامه طراحی فرآیند به مدول طرح ریزی وارد گردد.

مدول Feature Recognition به بررسی سطوح ماشینکاری شونده و هندسه آنها بپردازد و وجوه ماشین‌کاری شونده را پیدا نماید.

مدول محاسبات سینماتیک به کمک روابط سینماتیکی مکان مناسب برای قرارگرفتن جاساز را مشخص می‌نماید. سپس در مرحله بعد به بررسی المان محدود جسم پرداخته می‌شود که در صورت بیشتر از حد شدن تغییر مکان تکیه‌گاه مناسب جایگذاری شود.

انتخاب المان‌ها توسط مدول سیستم خبره انجام می‌پذیرد. این المان‌ها براساس نتایج حاصل از مراحل قبل انتخاب خواهند شد.

در نهایت نیز المان‌ها با قطعه‌کار مونتاژ شده و نقشه مونتاژی ترسیم خواهد شد.

هر یک از مدول‌ها دارای ورودی و خروجی‌های مخصوص به خود هستند. برنامه پلت فرم وظیفه هماهنگی بین این ورودی و خروجی‌ها را دارد. ورودی برای پلت فرم نقشه قطعه‌کار و اطلاعات مربوط به برگ عملیات است و خروجی آن نقشه مونتاژی قطعه‌کار و بندها است.

۱-۳- *اهداف این تحقیق*

هدف از این تحقیق ارائه راه کاری برای طراحی اتوماتیک بندها به کمک رایانه می‌باشد. به همین منظور سیستم جامعی در نظر گرفته شده است که شامل مدولهای زیر است.

سیستم خبره: به منظور طرح‌ریزی و انتخاب المان از یک سیستم خبره با دو پایگاه دانش متفاوت در نظر گرفته شده است.

تئوری پیچ: از ملزومات طراحی بندها، مشخص نمودن محل جاسازها و بست‌ها می‌باشد. در این راستا مدل‌های ریاضی گوناگونی معرفی گردیده است. در این تحقیق روشی جدید با استفاده از تئوری پیچ‌ها ارائه شده است.

تحلیل المان محدود: برای حصول اطمینان از حداکثر دقت ابعادی به کمک روش المان محدود به بررسی حداکثر خیز قطعه‌کار در اثر نیروهای وزن و ماشینکاری پرداخته می‌شود و در صورت نیاز پشتیبان لازم اضافه می‌گردد.

نرم افزار یکپارچه‌سازی (سیستم جامع): در این نرم‌افزار با استفاده از نرم‌افزار Mechanical Desktop، از مدل سه بعدی قطعه‌کار، ورودی‌ها و خروجی‌های هر یک از مدول‌ها پیکربندی شده و مدول‌های برنامه با یکدیگر هماهنگ می‌گردند.

در شکل ۱-۴ نحوه ارتباط مدول‌های ارائه شده با سیستم جامع و پایگاه داده نشان داده شده است.

شکل ۱-۴ ارتباط مدولهای برنامه و پایگاه داده با سیستم جامع

۱-۴- مروری بر فعالیت‌های صورت گرفته

تحقیقات در مورد طراحی بندها به کمک رایانه، از اواخر دهه ۱۹۷۰ صورت گرفته شده است. در سالهای اولیه، روشهای محاوره‌ای[1] و شبه محاوره‌ای در طراحی بندها با استفاده از نرم‌افزارهای

1- Interactive CAFD

CAD و سیستمهای خبره ارائه شدند. این نرم‌افزارها بر پیکربندی بندها[1] توجه بیشتری داشتند و به جنبه‌های دیگر نظیرتعامل بین قطعه‌کار- فیکسچر- ابزار برشی کمتر توجه می‌کردند.[۲]

مقالات بسیاری در مورد طراحی بند منتشر شده است. در کار مارکوس (Markus-۱۹۸۴) و میلر (Miller-۱۹۸۵) ابتدا جاسازها و گیره‌ها به صورت اتوماتیک انتخاب نمی‌شدند. در این زمان مکان جاسازها و گیره ها توسط کاربر انتخاب می‌شد و اجزای قید و بند به طور دستی در مکان مورد نظر قرار داده می‌شد.

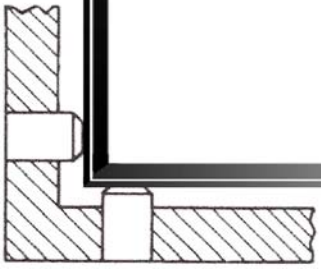
با این حال سعی بر آن شد تا با ورود مدل قطعه مورد نظر در برنامه و طی مراحلی شبه اتوماتیک کمک به طراحی بند نمود. در مرحله بعدی صفحه جاسازی اولیه[2] و مکان جاسازهای اولیه داده می‌شد و مسئله به تولید بند برای صفحات دوم و سوم خلاصه می‌شد.[۳]

تامپسون و گاندی (Gandhi and Thompson-۱۹۸۶) روشی برای طراحی خودکار بندهای مدولار ارائه دادند.[۲]

رایت (Wright-۱۹۸۶) و هایس (Hayes) توسعه دهنده برنامهٔ طرح‌ریز ماشینکاری[3] هستند که در آن یک سیستم خبره برنامه‌ریز قطعات مکعبی برای جهت‌های موازی در گیره دستگاه سه محوره بوده است. در این تحقیق روابط میان نیروهای گیره و نیروی‌های برشی پیشنهاد شده است.[۳]

لیم و نایت (Lim and Knight-۱۹۸۶)، ناجی و همکارانش (Nnaji et al.-۱۹۸۸) و ناجی و لو (Nnaji and Lyu-۱۹۹۰) به کمک پوسته سیستم خبره و تکنیک قانون مدار[4] به توسعه سیستمی سه بعدی جامد طراحی بندها[5] به کمک رایانه پرداختند.

1- Fixture Configuration
2- primary locating surface
3- Machining Planner
4- rule-based technique
5- 3-D solid modeler



این سیستم‌ها می‌توانستند به طور کامل و یا بخشی از سیستم بند را برای قطعه‌کار منشوری[1] طراحی کنند.[۲]

لی و هاینس(Lee and Haynes-۱۹۸۷)، نیروی اصطکاکی را اصلی‌ترین مکانیزم در نگهداری قطعه‌کار در بند معرفی نمودند.[۲]

گاندی (Gandhi-۱۹۸۷) برنامه‌ای خبره برای تولید اجزای بند مدولار توسعه داده است.[۳]

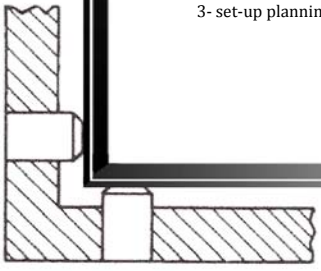
جیانگ (Jiang-۱۹۸۸) و گریپو (Grippo-۱۹۸۷) با کمک همکارانشان و در سال ۱۹۸۸ مارکوس سیستمهایی نیمه خودکار برای طراحی بندهای مدولار ارائه نمودند.[۲]

چو (Chou-۱۹۸۹) بر روی طراحی اتوماتیک بست ها تمرکز کرد. بدین ترتیب بر اساس دو معیار پایداری و مقید کامل بودن[2] برنامه خود را توسعه داد. مقید کامل بودن بدان معنی است که تمامی درجات آزادی قطعه کار حذف شود.[۳]

لی و هاینس (Lee and Haynes-۱۹۸۷) و فام و لازارو (Pham and Lazaro-۱۹۹۰)، با مدل نمودن قطعه‌کار با جسمی قابل تغییر، تغییر شکل قطعه‌کار، نیروی گیره‌بندی اجزای بند، توزیع تنش و دیگر مشخصات را مورد مطالعه قرار دادند.[۲]

در مدلی دیگر برای طراحی به کمک رایانه، ساکورا (Sakurai-۱۹۹۰)، بورما و کالس (۱۹۸۸-Boerma and Kals) و نیز رونگ و ژو (Rong and Zhu-۱۹۹۳) برنامه‌هایی را توسعه دادند تا به طراحی بند و برنامه‌ریزی[3] بپردازد. برنامه ساکورا به صورت الگوریتمی و نیز هوشمندانه به صورت توأم نوشته شده است. در این برنامه نیز قطعه‌کار به صورت مدل وارد نرم‌افزار شده و موقعیت دقیق جاساز و قیود برای مقید بودن کامل درحین ماشینکاری تعیین می‌شود. بر اساس نیروهای خمشی تغییر شکل محاسبه شده و تکیه گاه مورد نیاز نیز اضافه می‌شود.[۳]

1- prismatic parts
2- stability and total restraint
3- set-up planning and fixture design



میتال (Mittal-۱۹۹۱) و ناجی در ۱۹۹۰ و نیز همکارانشان نیروی اصطکاک را در نظر نگرفتند و باعث شد نیروهای بند بیشتر از مقادیر مورد نیاز بند به دست آید.[۲]

تحقیقات بیشتر اهمیت توسعه طراحی بندها به کمک رایانه را نشان می‌داد که در آن بست، تکیه‌گاه و جاسازها به صورت اتوماتیک برای طراحی‌های مختلف انتخاب شوند. استفاده از هوش مصنوعی[۱] همانند سیستم‌های خبره[۲] برای تولید بندها در این مرحله رواج داشته است.

نی و سنتیل کومار (Nee and Senthil Kumar-۱۹۹۱) سیستم طراحی اتوماتیک بند را برای نرم‌افزار CAD و پوسته سیستم خبره توسعه دادند.[۲, ۳]

مارکوس نیز سیستمی خبره نوشته است که ترکیب‌بندی بست روی قطعه‌کار بر اساس قانون و پارامترهای طراحی بر اساس قیدهای هندسی را بررسی کرده است.[۳]

لی و کاتکس‌کی (Lee and Cutkosky-۱۹۹۱)، به کمک صفحات محدودکننده[۳] در فضای نیرو/گشتاور، روشی ساده برای بررسی پایداری قطعه کار و تعیین نیروی گیره‌بندی[۴] ارائه نمودند. این روش نیازمند جستجو در صفحات گیره‌بندی نامحدود است و تئوری شایسته و کارآمدی ندارد. برای جستجو در فضایی سه بعدی (اغلب پیکربندی بندها) این روش پیچیده و وقتگیر می‌شود.[۲]

نی (Nee-۱۹۹۲) به همراه همکاران روشی به کمک سیستم‌های خبره توسعه دادند که در آن بر اساس یک روش هوشمندانه قانون مدار[۵] به تولید لیستی از بندها به همراه جاسازی و اجزای پایه می‌پرداخت. مدلی از CAD به عنوان داده ورودی برای طراحی بند داده می‌شود. صفحه‌ای که برای جاسازی اولیه در نظر گرفته شده است دارای بیشترین مساحت سطح مقطع است. سطح دوم صفحه‌ای است که عمود بر صفحه اول است.[۳]

1- artificial intelligence
2- expert systems
3- limit surface
4- clamping force
5- heuristic rule base