بِسمِ اللَّهِ الرَّحمٰنِ الرَّحِيمِ

دانشکده عمران – معماری

گروه عمران- سازه

تحلیل ایزوژئومتریک و بهینه سازی شکل سازه‌های با تقارن محوری

ابوالفضل حجت پناه منتظری

اساتید راهنما:

دکتر بهروز حسنی

دکتر رضا نادری

استاد مشاور:

مهندس ناصر ظریف مقدم

پایان نامه کارشناسی ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تیر ماه ۸۸

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: عمران و معماری

گروه: عمران - سازه

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای ابوالفضل حجت پناه منتظری

تحت عنوان:

تحلیل ایزوژئومتریک و بهینه سازی شکل سازه ها با تقارن محوری

در تاریخ ۱۳۸۸/۴/۳۰ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما:	امضاء	اساتید مشاور:	امضاء
نام و نام خانوادگی: دکتر بهروز حسنی		نام و نام خانوادگی: مهندس ناصر ظریف مقدم	
نام و نام خانوادگی: دکتر رضا نادری			

اساتید داور:	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی: دکتر علی کیهانی		نام و نام خانوادگی: مهندس عباس محمدی	
نام و نام خانوادگی: دکتر احمد احمدی			

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی:

بر خود لازم می دانم که از همه عزیزانی که مرا در مراحل انجام این پایان نامه یاری کرده اند کمال تشکر و قدردانی خود را، به عمل آورم. از جناب آقای دکتر بهروز حسنی، که دقت نظر و راهنمایی های ارزنده ایشان همواره یاری رسان اینجاب، در مراحل انجام این پایان نامه بوده است؛ و همچنین جناب آقای دکتر رضا نادری که با راهنمایی های مدبرانه خود موجب به ثمر رسیدن این پایان نامه شده‌اند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم. و موفقیت هر چه بیشتری را برای این عزیزان آرزومندم.

همچنین مراتب سپاس‌گذاری خود را از آقای مهدی توکلی دانشجوی دوره دکتری سازه که با در اختیار قرار دادن برنامه کامپیوتری خود (برنامه تحلیل ایزوژئومتریک مسائل تنش مسطح)، کمک شایانی به انجام این پایان نامه کردند، ابراز می دارم؛ و توفیق روز افزون برای ایشان خواستارم.

تعهد نامه

اینجانب ابوالفضل حجت پناه منتظری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران- سازه دانشکده عمران- معماری دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تحلیل ایزوژئومتریک و بهینه سازی شکل سازه های با تقارن محوری. تحت راهنمائی دکتر بهروز حسنی و دکتر رضا نادری متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرکی یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University Of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افراد که در به دست آوردن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل راز داری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

۱۳۸۸/۴/۳۰

مالکیت نتایج و حق و نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحوی مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده:

تحلیل سازه در علوم مهندسی از اولین گامهای شناخت و ارزیابی صحیح مسائلی می باشد، که در عمل با آن مواجه می شویم. این تحلیل به طور خاص در مکانیک سازه ها منجر به حل معادلات دیفرانسیلی می شود، که در حالت کلی دارای پیچیدگی بسیار زیادی می باشد. لذا باید به دنبال روش هایی جهت حل این معادلات باشیم؛ تا بتوانیم شناخت و علم خود را توسعه دهیم. در دهه های گذشته روش های بسیاری برای تحلیل مسائل مهندسی و حل مشکلات پیش روی محققین ارائه شده است که برخی از مشهورترین آنها روش تفاضل محدود، روش اجزای محدود و دسته ای از روش ها با عنوان روش های بدون شبکه می باشند. روشی که اخیراً برای تحلیل مسائل مهندسی ارائه شده روش ایزوژئومتریک می باشد. روش تحلیل ایزوژئومتریک اولین بار در سال ۲۰۰۵ توسط هیوز معرفی شد، و در پی آن است که ضعف های دیگر روش های تحلیل را رفع کند.

در این پایان نامه ابتدا به بررسی روش تحلیل ایزوژئومتریک پرداخته شده است؛ و فرمول بندی آن برای مسائل دو بعدی تنش مسطح و کرنش مسطح ارائه شده، سپس این فرمول بندی برای مسائل متقارن محوری تعمیم داده شده است. در راستای اهداف این پایان نامه برنامه ای کامپیوتری به نام IsoOptimizer تولید شده است، که قادر به تحلیل سازه های متقارن محوری، به روش ایزوژئومتریک می باشد. برای کنترل صحت نتایج این برنامه و همچنین بررسی عملکرد روش ایزوژئومتریک برای سازه های متقارن محوری مسائل مختلفی از این دست، توسط برنامه مورد تحلیل قرار گرفت، که مقایسه نتایج آن با حل دقیق و یا حل اجزای محدود توسط برنامه انسیس، مؤید صحت جواب های برنامه نوشته شده برای تحلیل به روش ایزوژئومتریک می باشد. همچنین این نتایج نشان دهنده عملکرد خوب ایزوژئومتریک در تحلیل سازه های متقارن محوری می باشد.

یکی دیگر از اهداف این پایان نامه بررسی عملکرد، کاربرد تحلیل ایزوژئومتریک در بهینه سازی

شکل سازه ها می باشد. در این راستا با استفاده از سابروتینهای DOT و اضافه کردن آنها به برنامه IsoOptimizer، قابلیت حل مسائل بهینه سازی به برنامه اضافه شده است. مثال هایی از نحوه کاربرد تحلیل ایزوژئومتریک در بهینه سازی سازه های متقارن محوری مورد بررسی قرار گرفته که در انتهای فصل پنجم ارائه شده است.

واژگان کلیدی: تحلیل ایزوژئومتریک، نربز، بهینه سازی شکل، سازه های متقارن محوری.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱ - مقدمه ۲

۱-۲ - تاریخچه و روند شکل گیری ۲

فصل دوم: معرفی منحنی ها و سطوح نربز ۷

۲-۱ - فرم ضمنی و پارامتری ۸

۲-۲ - منحنی های بزیر ۹

۲-۳ - منحنی ها و سطوح بی- اسپلاین ۱۲

۲-۳-۱- تعریف و خواص توابع پایه ای بی- اسپلاین ۱۳

۲-۳-۲- مشتق توابع پایه ای بی- اسپلاین ۱۶

۲-۳-۳- دیگر ویژگی های توابع پایه ای بی- اسپلاین ۱۷

۲-۳-۴- تعریف منحنی های بی- اسپلاین ۱۸

۲-۳-۵- تعریف سطوح بی- اسپلاین ۲۱

۲-۳-۶- مشتق سطوح بی- اسپلاین ۲۲

۲-۴ - منحنی و سطوح نربز ۲۳

۲-۴-۱- معرفی منحنی های نربز ۲۳

۲-۴-۲- معرفی سطوح نربز ۲۴

۲-۴-۳- مشتق سطوح نربز ۲۵

فصل سوم: تحلیل ایزوژئومتریک ۲۷

۳-۱ - مقدمه ۲۸

۳-۲ - فرمول بندی تحلیل ایزوژئومتریک ۲۹

۳-۲-۱- محیط پیوسته کشسان ۲۹
۳-۲-۲- معرفی هندسه ۳۵
۳-۳ - محاسبه ماتریس سختی ۳۶
۳-۳-۱- معرفی انتگرال ماتریس سختی ۳۶
۳-۳-۲- روش انتگرال‌گیری گاوس ۳۷
۳-۳-۳- حل عددی انتگرال ماتریس سختی ۳۹
۳-۴ – سازه های دارای تقارن محوری ۴۲
۳-۵ – ماتریس سختی سازه های متقارن محوری ۴۷
۳-۵-۱- محاسبه انتگرال ماتریس سختی ۴۷
۳-۶ – برنامه IsoOptimizer ۵۰
۳-۶-۱- ساختار اصلی برنامه IsoOptimizer ۵۱
فصل چهارم: بهینه سازی شکل سازه ها ۵۶
۴-۱ - مقدمه ۵۷
۴-۲ - بهینه سازی شکل سازه ها ۵۹
۴-۲-۱- روش تغییرات مرزی ۵۹
۴-۲-۲- روش رشد تطبیقی ۶۰
۴-۳ - تعریف مساله بهینه سازی شکل ۶۲
۴-۴ - توابع هدف ۶۲
۴-۴-۱- تابع وزن و حجم کل ۶۳
۴-۴-۲- تابع انرژی کرنشی ۶۴
۴-۴-۳- تابع تنش یکنواخت ۶۴

۴-۴-۴- تابع تنش حداکثر ۶۵
۴-۴-۵- تابع تمرکز تنش ۶۶
۴-۵ - توابع قید ۶۸
۴-۵-۱- قیود حجم و وزن ۷۰
۴-۵-۲- قیود تغییرمکان ۷۰
۴-۵-۳- قیود تنشها ۷۱
۴-۵-۴- قیود مربوط به نقاط کنترلی ۷۲
۴-۶ متغیرهای طراحی ۷۲
۴-۷ - الگوریتم بهینه سازی ۷۲
۴-۸ – روش SQP ۷۵
فصل پنجم: بررسی مثال ها ۷۸
۵-۱ مقدمه ۷۹
۵-۱-۱- لوله بلند جدار ضخیم ۸۰
۵-۱-۲- صفحه دایره ای شکل تحت بار متمرکز در مرکز ۸۶
۵-۱-۳- صفحه دایره ای شکل دارای تکیه گاه گیردار در مرکز ۹۳
۵-۱-۴- مخزن بزرگ آب ۹۶
فصل ششم: نتایج و پیشنهادات ۱۰۰
۶-۱ – مقدمه ۱۰۱
۶-۲ – نتایج ۱۰۱
۶-۳ – پیشنهادات ۱۰۳
مراجع ۱۰۴

فهرست اشکال:

شکل ۱-۱- پوسته های نازک حساسیت زیادی را نسبت به نقص های هندسی از خود نشان می دهند..... ۴

شکل ۱-۲- کیفیت مش لایه های مرزی تأثیر مهمی در بهبود دقت نتایج دارد..... ۵

شکل ۲-۱ -منحنی بزیر درجه ۳..... ۱۰

شکل ۲-۲- نمودار توابع پایه ای منحنی های بزیر..... ۱۱

شکل ۲-۳ - منحنی دارای چند جمله ای های قطعه ای درجه ۳..... ۱۳

شکل ۲-۴- توابع پایه ای بی- اسپلاین از درجات ۰، ۱ و ۲..... ۱۴

شکل ۲-۵- توابع پایه ای موثر برای محاسبه تابع $N_{1,3}$..... ۱۵

شکل ۲-۶- توابع پایه ای درجه ۳ موثر برای $[\xi_3, \xi_4)$..... ۱۶

شکل ۲-۷- یک منحنی درجه ۳..... ۱۹

شکل ۲-۸- نمونه یک سطح بی- اسپلاین. (الف) شبکه نقاط کنترلی؛ (ب) سطح مربوطه..... ۲۱

شکل ۲-۹- شبکه نقاط کنترلی و سطح نربز که در هر دو جهت از درجه ۲ می باشد..... ۲۵

شکل ۳-۱- گسسته سازی دامنه در تحلیل ایزوژئومتریک با استفاده از نقاط کنترلی؛..... ۳۰

شکل ۳-۲- زیردامنه نربز و المان های ساخته شده به وسیله دهانه های گره ای..... ۳۹

شکل ۳-۳- تحلیل دو بعدی در حالت های تنش مسطح، کرنش مسطح و تقارن محوری..... ۴۲

شکل ۳-۴- تنش ها و کرنش های ایجاد شده در مسائل تقارن محوری..... ۴۳

شکل ۳-۵- نمونه از فایل ورودی برنامه IsoOptimizer..... ۵۲

شکل ۴-۱- فرآیند کلی در بهینه سازی سازه ها..... ۵۸

۴-۲- محاسبه تنش مماسی σ_t از روی تنشهای عمومی برای مرز یک سازه..... ۶۶

شکل ۵-۱- لوله جدار ضخیم تحت فشار داخلی و خارجی..... ۸۰

شکل ۵-۲- کانتور های تغییر مکان و تنش های ایجاد شده در جسم..... ۸۲

شکل ۵-۳- نحوه قرار گیری نقاط کنترلی. ۸۳
شکل ۵-۴- کانتور های تغییر مکان و تنش های ایجاد شده در جسم مربوط به حل ایزوژئومتریک. ۸۳
شکل ۵-۵- نمودار های نشان دهنده خطای تحلیل به صورت درصد خطا. ۸۴
شکل ۵-۶- مقایسه تغییر مکان ها و تنش های بدست آمده از حل دقیق و حل ایزوژئومتریک. ۸۵
شکل ۵-۷- صفحه دایره ای شکل تحت بار متمرکز در مرکز. ۸۶
شکل ۵-۸- مدل اجزای محدود صفحه دایره ای شکل تحت بار متمرکز در مرکز. ۸۷
شکل ۵-۹- کانتور تغییر مکان های شعاعی برای صفحه دایره ای شکل تحت بار متمرکز..... ۸۷
شکل ۵-۱۰- کانتور تغییر مکان ها در جهت محور zها برای صفحه دایره ای شکل تحت بار متمرکز. ۸۸
شکل ۵-۱۱- کانتور تنش‌های شعاعی ایجاد شده در صفحه دایره‌ای شکل تحت بار متمرکز.. ۸۸
شکل ۵-۱۲- کانتور تنش‌های مماسی ایجاد شده در صفحه دایره‌ای شکل تحت بار متمرکز. ۸۹
شکل ۵-۱۳- کانتور های تغییر مکان حل ایزوژئومتریک. ۹۰
شکل ۵-۱۴- کانتور های تنش های ایجاد شده در جسم ناشی از حل ایزوژئومتریک. ۹۰
شکل ۵-۱۵- نمودار مقایسه ای بین نتایج حل اجزای محدود و حل ایزوژئومتریک برای تغییر مکان های شعاعی. ۹۱
شکل ۵-۱۶- نمودار مقایسه ای بین نتایج حل اجزای محدود و حل ایزوژئومتریک برای تغییر مکان های در جهت z. ۹۱
شکل ۵-۱۷- نمودار مقایسه ای بین نتایج حل اجزای محدود و حل ایزوژئومتریک برای تنش های شعاعی. ۹۲
شکل ۵-۱۸- نمودار مقایسه ای بین نتایج حل اجزای محدود و حل ایزوژئومتریک برای تنش

های مماسی. ۹۲
شکل ۵-۱۹- شکل اولیه صفحه دایره ای شکل، دارای تکیه گاه گیردار در لبه داخلی. ۹۳
شکل ۵-۲۰- صفحه دایره ای شکل دارای تکیه گاه گیردار در لبه داخلی و ارتفاع اولیه ۷..... ۹۴
شکل ۵-۲۱ - کانتور تغییر مکان عمودی صفحه دایره ای شکل برای طرح اولیه. ۹۵
شکل ۵-۲۲- طرح بهینه صفحه دایره ای شکل دارای تکیه گاه گیردار در لبه داخلی. ۹۵
شکل ۵-۲۳- کانتور تغییر مکان های عمودی صفحه دایره ای شکل بهینه شده. ۹۵
شکل ۵-۲۴- طرح اولیه مخزن استوانه ای شکل..... ۹۷
شکل ۵-۲۵- کانتورهای تغییر مکان. ۹۸
شکل ۵-۲۶- کانتور های تغییر مکان های شکل بهینه سازه. ۹۹

فصل اول

کلیات

۱-۱ - مقدمه

در این پایان نامه به معرفی روش جدیدی برای تحلیل مسائلی که معادلات حاکم بر آنها معادلات دیفرانسیلی با مشتقات جزئی است، خواهیم پرداخت. این روش دارای شباهت هایی با روش اجزای محدود می باشد، همچنین از جهاتی مشابه روش بدون مش[۱] است. اگرچه این روش بیشتر بر مبنای هندسه تحلیلی می باشد، و از روش های طراحی به کمک کامپیوتر (CAD[۲]) الهام گرفته شده است. اولین هدف از بکار گیری این روش پاسخ به این سوال بود که، چگونه به وسیلهٔ گسسته سازی[۳] با چشمه های بزرگ باز هم به هندسه دقیق برسیم؟ هدف دیگر ساده سازی اصلاح مش ها[۴] به وسیله حذف نیاز به، ارتباط با هندسه CAD، هنگامی که مش اولیه ساخته شده است [۱].

۱-۲ - تاریخچه و روند شکل گیری

علاقه به تحلیل اجزای محدود در مهندسی در سال های ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ شکل گرفت.

۱- meshless method

۲- Computer Aided Design

۳- discretization

۴- mesh refinement

مهندسین هوا فضا در نقطه عطف فعالیت ها در طول این دوره قرار داشتند. بعد از سال ۱۹۶۰ اولین برنامه های تجاری کامپیوتری (مانند Stardyne, NASTRAN, ASKA و ...) ظاهر شدند. به همین ترتیب روش اجزای محدود در دیگر رشته های مهندسی و بقیه علوم گسترش پیدا کرد، بطوری که در حال حاضر در گستره وسیعی از علوم و فنون از این روش استفاده شده، و برنامه های کامپیوتری تجاری فراوانی در دسترس می باشد.

با وجود آنکه هندسه یکی از زیر بناهای تحلیل می باشد، طراحی به کمک کامپیوتر (CAD) بصورتی که ما امروزه می شناسیم، در سال های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ معرفی و رشد پیدا کرد. شاید بتوان به این سوال که ، چرا شیوه معرفی هندسه در اجزای محدود و CAD دارای تفاوت های زیادی با هم می باشند؟ اینگونه جواب داد که، برنامه های اجزای محدود از نظر تکنیکی مدت زمان زیادی قبل از اینکه روش های مدرن CAD رواج پیدا کنند، رشد و توسعه یافتند. اما در حال حاضر CAD نسبت به مهندسی به کمک کامپیوتری (CAE[1]) صنعت بزرگتری محسوب می شود. در حال حاضر محاسبه دقیق حجم صنایع CAD و CAE به دلیل گستردگی کاربرد آنها مشکل می باشد، اما کارشناسان آن را در حدود یک تا دو بیلیون دلار برای CAE و ۵ تا ۱۰ بیلیون دلار برای CAD تخمین می زنند.

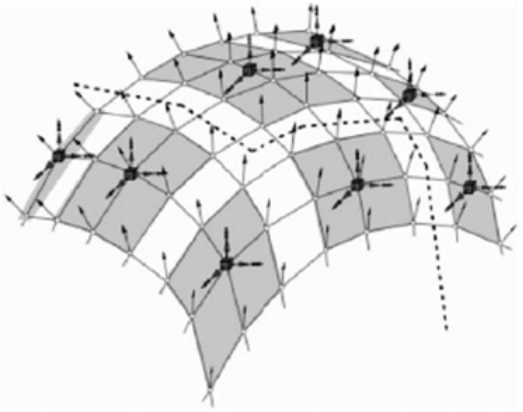
در یک عملیات مهندسی بطور خلاطه می توان گفت که طراحی ها در سیستم CAD هستند و المان از روی داده های CAD تولید می شوند. این عمل باعث ایجاد یک تعریف هندسی کاملاً متفاوت برای فضای پارامتری تحلیل می شود، که در حقیقت فقط یک تقریب از هندسه واقعی می باشد.

در بعضی مسائل می توان تولید المان را بصورت خودکار انجام داد، اما در بیشتر مسائل در بهترین حالت فقط می توان این عمل را به صورت نیمه خودکار انجام داد. هنوز در صنایع بزرگ نقشه ها در CAD طراحی می شوند و المان ها بر اساس آن تولید می شوند؛ تخمین زده می شود که، حدوداً ۸۰٪ زمان تحلیل مسائل در صنایعی مانند خودروسازی، هوافضا و کشتی سازی صرف تولید المان ها می شود. در صنعت خودروسازی تولید المان برای تمام اجزای یک اتومبیل حدود چهار ماه

۱- Computer Aided Engineering

طول می کشد، این در صورتی است که تغییرات در طراحی های روزانه صورت می گیرد، حال اگر نتوانیم در این مدت المان های جدید بر مبنای تغییرات طراحی را تولید کنیم، قادر به استفاده از مزایای تحلیل در طراحی نمی باشیم[۱].

هنگامی که شبکه المان ها ساخته شد بایستی که برای کاهش خطای تحلیل، شبکه المان ها اصلاح شود. که این عمل در هر تکرار خود احتیاج به برقراری ارتباط با سیستم CAD دارد، در صورتی که این ارتباط در اغلب موارد ناممکن می باشد؛ که این نشان می دهد که چرا حل تطبیقی[۱] بجای اینکه به یک فن آوری صنعتی تبدیل شود، هنوز در حد پروژه های دانشگاهی باقی مانده است.



شکل ۱-۱- پوسته های نازک حساسیت زیادی را نسبت به نقص های هندسی از خود نشان می دهند. هندسه دارای انحنا یک نمونه از قسمت هایی است که المان بندی اجزای محدود می تواند باعث ایجاد عیوب هندسی شود[۲].

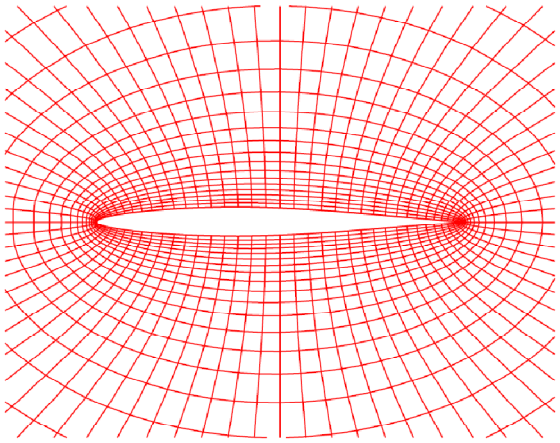
مقدار تقریب هندسی ذاتی در شبکه های المان، دقت تحلیل مسائل را مشخص می کند. به عنوان مثال در این زمینه می توان تحلیل پوسته های نازک را نام برد که بسیار به عیوب هندسی حساس هستند.(شکل ۱-۱) حساسیت به هندسه را، همچنین می توان در مسائل مکانیک سیالات مشاهده کرد.

ساختار هندسه در اجزای محدود، (که همان شبکه المان ها می باشد)، پرهزینه، زمان بر و همچنین باعث کاهش دقت در حل مسئله می شود. این مشکل باعث شده که، در مقیاس کوچک در

۱- adaptive refinement analysis

صنعت CAE تلاش های مفیدی در جهت تغییرات یا جایگزینی روش اجزای محدود با روش های دیگر که بیشتر شبیه به CAD باشد، صورت پذیرد. این تلاش ها باعث گسترش برنامهٔ کامپیوتری به نام RASNA شد، که در آن از ترکیب هندسه دقیق مسئله، باحل تطبیقی P-refinement اجزای محدود استفاده شده بود.

اهمیت این نتایج به این دلیل است، که کمیت های محاسبه شده در روی مرزها، معمولاً در مهندسی کاربردی، مهمتر هستند، و مرزها نقاطی می باشند که، خطاهای هندسی در آنها مضرترین هستند. علاوه بر این در بیشتر تحلیل های اجزای محدود هنوز از المان های با مرتبه پایین استفاده می شود؛ که این باعث خطاهای هندسی بزرگی می شود [۱].



شکل ۱-۲- کیفیت مش لایه های مرزی تأثیر مهمی در بهبود دقت نتایج دارد.

موفقیت RASNA باعث می شود که، یک شرکت فعال در زمینه CAD کار آنها را ادامه دهد. آنها به دلیل ارتباط محکمی که با هندسه CAD در برنامه خود فراهم کرده بودند، و شاید مهمتر از آن توانایی انجام حل تطبیقی به روش P-refinement، توانستند به نتایج قابل اعتمادتری دست یابند. روش ایزوژئومتریک بطور مشابه الهام گرفته شده است؛ اما سعی شده بصورت دقیق تری از هندسه CAD استفاده شود؛ همچنین چند جمله ای های اجزای محدود، بطور کلی از روند محاسبه حذف شده اند.

در تحلیل به روش ایزوژئومتریک محاسبات بر مبنای استفاده از نربز (NURBS[1]) – که یک فن آوری استاندارد برای سیستم های CAD می باشد- انجام می شود. ایده این روش اولین بار توسط هیوز[2] و همکارانش در سال ۲۰۰۵ ارائه شد[۳]. آنها پیشنهاد کردند، که ابتدا هندسه دقیق به وسیلهٔ سطوح نربز ایجاد شود و سپس یک شبکه المان با چشمه های درشت توسط *المان های نربز* ساخته شود. به این ترتیب در اصلاح شبکه المان ها نیاز به ارتباط با سیستم CAD نمی باشد، و می توان به سادگی شبکه المان ها را اصلاح کرد به همین دلیل امکان گسترش هر چه بیشتر آن در صنعت وجود دارد [۱].

در روش حاضر از همان متغیرهایی که در تعریف هندسه مسئله استفاده شده است، برای تعریف هندسه مدل تحلیلی و همچنین تحلیل استفاده می شود، به همین دلیل، نام تحلیل ایزوژئومتریک توسط هیوز برای آن انتخاب شده است.

۱- Non-Uniform Rational B-Spline

۲- T.J.R. Hughes