

استفاده از تحلیل ایزوژئومتریک در مدلسازی و بهینه سازی شکل سازه های متقارن محوری

بهروز حسنی^۱، ابوالفضل حجت پناه منتظری^۲، احمد گنجعلی^۳

۱- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد عمران گرایش سازه، دانشگاه صنعتی شاهرود

۳- دانشجوی دکتری عمران گرایش سازه، دانشگاه صنعتی شاهرود

abolfazl.hojatpanah@gmail.com

خلاصه

تحلیل ایزوژئومتریک یک روش عددی جدید در آنالیز مسائل مهندسی است. این روش بالقوه دارای ویژگیهای منحصر به فرد و مناسبی است که شاید در آیندهای نه چندان دور بتواند جایگزین روشهای عددی متداول نظیر اجزای محدود و روشهای بدون المان گردد. در این مقاله ضمن معرفی فرمول بندی روش ایزوژئومتریک در مسائل متقارن محوری به بررسی عملکرد و کاربرد این روش در بهینه سازی شکل سازه های متقارن محوری پرداخته شده است. در این راستا به طرح یک مثال بهینه سازی و حل آن به کمک الگوریتم ریزی درجه دوم پیاپی شده است. نتایج نشان می دهند که روش ایزوژئومتریک در مقایسه با روش های بهینه سازی مبتنی بر اجزای محدود با استفاده از تعداد بسیار کمی متغیر طراحی به جواب بهینه مسئله نایل شده است. همچنین به دلیل حذف فرآیند تولید شبکه در این روش، هزینه های محاسباتی به طور چشمگیری کاهش یافته است. و در نهایت می توان بیان نمود که حل مسائل بهینه سازی با استفاده از تحلیل ایزوژئومتریک به دلیل تعریف هندسه توسط توابع نریز در عمل باعث ایجاد جوابی بهینه با مرزهای هموارتری شده است.

کلمات کلیدی: تحلیل ایزوژئومتریک، تکنیک نریز، بهینه سازی شکل، سازه های متقارن محوری.

۱. مقدمه

در دهه های گذشته روشهای بسیاری برای تحلیل مسایل مهندسی ارایه شده است که برخی از مشهورترین آنها روش تفاضل محدود، روش اجزای محدود و دسته ای از روشها با عنوان روشهای بدون شبکه می باشند. اگر چه این روشها در پی یکدیگر و با هدف توانمندتر نمودن و رفع مشکلات روشهای پیش از خود ارایه شده اند، اما هنوز هم نمیتوان روشی را یافت که بتوان آنرا کامل و بدون نقص نامید. از جمله این نواقص و مشکلات می توان به ضعف در تولید دقیق شکل مسایل دارای هندسه پیچیده، ضعف در مدلسازی دقیق مسائل با تغییرات شدید در خواص مصالح و نیز نیاز به تولید مکرر شبکه المانها در برخی مسائل، نظیر مسائلی که در چارچوب لاگراتژی حل می شوند و یا مسائل بهینه سازی شکل سازه، اشاره نمود.

برای غلبه بر این مشکلات و بهبود روشهای موجود استفاده از توابع پایه اسپلاین به جای توابع شکل مورد استفاده در اجزای محدود در تحلیل مسائل مهندسی اولین بار در سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۴ توسط کیگان^۱ و هولیگ^۲ معرفی شد [۱]-[۳]. در سال ۲۰۰۵ این ایده با استفاده از توابع نریز (بی-اسپلاین های نسبی غیر یکنواخت)^۳ که از توسعه توابع اسپلاین بدست می آیند توسط هیوز^۴ تکامل یافت و روش تحلیل ایزوژئومتریک نام گرفت [۴]. اساس این روش را استفاده از فناوریهای طراحی به کمک رایانه^۵ و پیشرفتهای اخیر در زمینه گرافیک کامپیوتری تشکیل می دهد. در این روش ضمن استفاده از خواص توابع پایه اسپلاین و نریز در تعریف دقیق منحنیها، سطوح و احجام، همانند توابع شکل در روش اجزای محدود، از آنها جهت درونیابی و تقریب سازی هم استفاده می شود. شاید بتوان اینطور بیان کرد که دلیل اینکه روشهای طراحی به کمک رایانه تاکنون در روش اجزای محدود به صورت گسترده وارد نشده است مربوط به اختلاف زمانی، در پیدایش این دو نسبت به یکدیگر می باشد. آغاز پیدایش روش اجزای محدود در سال ۱۹۵۶ میلادی بوده است در حالی که شکل گیری روشهای طراحی به کمک کامپیوتر مربوط به بعدها در حدود سالهای ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ می باشد [۴].

¹ Kagan

² Hollig

³ Non-Uniform Rational B-splines(NURBS)

⁴ Hughes

⁵ CAD(Computer Aided Design)