



استفاده از توابع T-اسپلاین در بهبودسازی تحلیل هم هندسی

سعید شجاعی^{۱*}، علی معین الدینی^{۲**}، سبحان رستمی^۳

۱- استادیار بخش عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- کارشناس ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

۳- دانشجوی دکتری سازه، دانشگاه شهید باهنر کرمان

*saeed.shojaee@mail.uk.ac.ir

**ali@newcivil.com

خلاصه

اخیرا روش نوین تحلیل هم هندسی بر پایه توابع نریز و با هدف یکپارچه کردن مدل سازی هندسه و تحلیل، ارائه شده است. ویژگی اصلی این روش استفاده از توابع پایه ای یکسان، در مدلسازی دقیق هندسه و تقریب فضای میدانی میباشد. در این تحقیق سعی شده است ضمن معرفی ویژگیهای این روش، چگونگی استفاده از توابع T-اسپلاین در بهبودسازی و افزایش پیوستگی توابع پایه آن بررسی شود. توابع T-اسپلاین تعمیم یافته توابع نریز می باشند که علاوه بر دارا بودن تمامی خصوصیات نریز، توانایی بهبود سازی محلی و کاهش نقاط کنترلی را دارند. این توابع با ایجاد پیوندهای T-شکل در فضای اندیسی نیاز به عبور کامل خطوط را در شبکه بهبود یافته مرتفع می سازند. در این مقاله برتری استفاده از توابع T-اسپلاین نسبت به روش های معمول بهبودسازی تحلیل هم هندسی نشان داده شده و در انتها با حل مثال عددی و بررسی نتایج، نشان داده شده است که استفاده از این توابع در تحلیل هم هندسی هزینه های محاسباتی را کاهش و در عین حال دقت و همگرایی را افزایش می دهد.

کلمات کلیدی: تحلیل هم هندسی، بهبود سازی شبکه، اجزای محدود، T-اسپلاین، نریز

۱. مقدمه

حل معادلات دیفرانسیل حاکم بر رفتار یک سیستم یکی از مهمترین مسائلی است که همواره در زمینه های علوم و مهندسی مورد بحث قرار میگیرد. از آنجایی که تنها موارد معدودی از این معادلات را می توان مستقیما با روشهای تحلیلی حل نمود، روشهای عددی زیادی در چند دهه اخیر برای حل چنین معادلاتی پیشنهاد شده است. در میان متداول ترین این روشها، روش اجزای محدود را می توان نام برد که استفاده از آن در تحلیل سازه های پیچیده و مکانیک محاسباتی به امری معمول تبدیل شده است [۱]. در روش اجزای محدود ابتدا یک هندسه تحلیلی از مدل فیزیکی ساخته شده و در ادامه این هندسه مناسب تحلیل با شبکه اجزای محدود خود که معمولا تقریب سازی چندجمله ای قطعه قطعه از هندسه واقعی است، جایگزین می شود. ساخت شبکه به خودی خود می تواند یکی از مراحل اتلاف زمان در فرایند تحلیل باشد و اگر هدف رسیدن به حل دقیق با مجموعه ای از بهبود سازی ها باشد، باید کیفیت تقریب سازی هندسی نیز به طور همزمان بهبود یابد تا دقت لازم حاصل گردد [۲]. برای اجرای این بهبود سازی هندسی، نیاز به برقراری ارتباط بین هندسه تحلیلی و بهبودسازی می باشد. نکته بسیار مهم این است که اگر شبکه اجزای محدود دقیقا هندسه مناسب تحلیل را در بر گیرد، بهبود سازی می تواند در هر مرحله به صورت کامل در چهارچوب تحلیل صورت گیرد و نیاز به برقراری ارتباط با هندسه مسئله به طور کامل رفع میگردد [۳]. در ادامه توسعه روش های عددی و برای حل مشکلات بیان شده، اخیرا روش تحلیل هم هندسی^۱ بر پایه توابع نریز^۲ و با هدف یکپارچه کردن مدل سازی هندسه و تحلیل، ارائه شده است [۴]. قدرت اصلی نریزها و B-اسپلاین ها، مناسب بودن آنها برای مدلسازی دقیق مقاطع مخروطی شکل، استوانه ای، کره ای و بیضی می باشد. ویژگی اصلی این روش استفاده از همان توابع پایه ای که در مدلسازی دقیق هندسه به کار رفته اند، به عنوان توابع پایه در تقریب میدان (جابجایی و ...) می باشد. تمرکز این تحقیق بر معرفی ویژگیهای این روش و چگونگی استفاده از توابع T-اسپلاین در بهبودسازی و افزایش پیوستگی توابع پایه آن می باشد. T-اسپلاین به وسیله سدربرگ در سال ۲۰۰۳ معرفی گردید [۵]. این توابع همانند توابع نریز و

¹ Isogeometric analysis

² NURBS (Non-Uniform Rational B-spline)