



بهینه‌سازی توپولوژی سازه‌های دو بعدی با استفاده از تابع چگالی مصنوعی

بهروز حسنی^۱، سید مهدی توکلی^۲، حسین قاسم نژاد متری^۳

۱- دانشیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- دانشجوی دکتری سازه دانشگاه علم و صنعت

۳- دانشجوی دکتری سازه دانشگاه صنعتی شاهرود

b_hassani@shahroodut.ac.ir
s_m_tavakoli@yahoo.com
h.ghassemnezhad@civil.tus.ac.ir

خلاصه

در این مقاله از یکی از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی به نام روش مجانب‌های متحرک برای بهینه‌سازی توپولوژی استفاده می‌کنیم. استفاده از این روش امکان تعریف و فرمول‌بندی مسائل متنوعی را میسر می‌کند. ما فرمول‌بندی حداقل‌سازی وزن سازه با شرط باقی ماندن تنش‌ها در محدوده مجاز را مورد استفاده قرار می‌دهیم. مدل‌سازی مصالح با استفاده از روش چگالی مصنوعی انجام می‌شود. برای این منظور تابع چگالی مصالح به صورت یک مقدار ثابت برای هر المان در نظر گرفته می‌شود و در نهایت به‌عنوان متغیر طراحی در مسئله بهینه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای نشان دادن درستی روش، مثال‌هایی برای سازه‌های دوبعدی حل شده و نتایج تشریح شده‌اند.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی توپولوژی، قید تنش، تابع چگالی مصنوعی

۱. مقدمه

در طراحی توپولوژی سازه‌ها به دنبال پیدا کردن توزیع بهینه ماده در یک دامنه طراحی مشخص هستیم. بسته به نوع شرایطی که سازه ساخته می‌شود و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، هدف از طراحی، می‌تواند به‌دست آوردن سازه‌ای با ماده و حفره (اصطلاحاً ۰-۱ یا سیاه و سفید) یا یک ماده مرکب باشد. استفاده از فرمول‌بندی توزیع ماده برای مسائل طراحی توپولوژی سازه‌های پیوسته، برای هر یک از حالت‌های مذکور بسیار مفید می‌باشد. در این‌گونه مسائل غالباً به دنبال یافتن توزیع چگالی در یک دامنه از پیش تعیین شده، جهت دست‌یابی به سازه‌ای با حداقل کار خارجی هستیم. این چگالی ممکن است معرف یک ماده مرکب خلل و فرج‌دار یا یک پارامتر درونی‌یابی مصنوعی برای جلوگیری از حالت ۰-۱ مسئله اصلی باشد.

پس از معرفی تکنیک توزیع ماده برای کاربردهای محاسباتی طراحی توپولوژی سازه‌های پیوسته توسط بندسو و کیکوچی [۱]، تحقیقات بسیاری جهت ارتقاء روش اولیه از حالت حداقل کار خارجی به سایر معیارهای طراحی اختصاص یافته است. تقریباً تمام این تحقیقات که بر اساس در نظر گرفتن معیار کلی از منظر بهینه‌سازی پایه‌ریزی شده‌اند، مانند حداقل‌سازی کار خارجی، دارای پیچیدگی‌های محاسباتی (خصوصاً در مورد تعداد قیدها) هستند.

اگر بخواهیم قیدهای تنش را در مسائل طراحی توپولوژی پیوسته در نظر بگیریم، دو سوال اساسی وجود خواهد داشت. یکی طبیعت محلی قید تنش است، به این معنی که باید روش‌هایی به کار گرفته شوند که قادر به در نظر گرفتن تعداد زیادی قید در یک پروسه محاسباتی باشند. مورد دوم فرمول‌بندی معیار تنش معادل است. در حالتی که فرمول‌بندی ۰-۱ به کار گرفته می‌شود، قید تنش به سادگی تعریف می‌شود؛ اما برای حالتی که با یک ماده با چگالی بینابین سروکار داریم، شکل قید تنش دیگر مانند حالت قبلی نیست.