

## مطالعه قیاسی بین روش‌های بهینه‌سازی خرپا با تحلیل به روش سختی و تحت بارگذاری استاتیکی

لیلا نجفی<sup>۱</sup>

دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، Najafi@jsu.ac.ir

## چکیده

کمبود روز افزون مواد خام، تمایل به داشتن سازه‌های سبک، کارا و ارزان‌قیمت اهمیت بهینه‌سازی سازه‌ها را به خوبی نشان می‌دهد. در این میان خرپاها به دلیل کارایی بالا در ساخت انواع سازه‌ها در مباحث بهینه‌سازی از توجه خاصی برخوردارند. تحقیقات انجام شده در این زمینه باعث به وجود آمدن تنوع فراوانی در روش‌های بهینه‌سازی شده است به طوری که هر کدام از پژوهشگران بر کارآمدی روش پیشنهادی خود تاکید دارند. با توجه به این موضوع جمع‌بندی و انجام مطالعه مقایسه‌ای بین روش‌های موجود (روش‌های کلاسیک و الگوریتم‌های فراکاوشی) جهت انتخاب روش مناسب و استفاده کارا از آن‌ها ضرورت پیدا می‌کند. با بررسی تحقیقات صورت گرفته می‌توان به خوبی مشاهده کرد روش‌های بهینه‌سازی باید از منظرهای فراوانی با هم مقایسه شوند. منتها در ابتدای کار بهتر است مقایسه‌ای کلی بین روش‌های ریاضی (کلاسیک) و الگوریتم‌های فراکاوشی صورت گیرد تا زمینه را برای مقایسه‌های بیشتر فراهم نماید. در این تحقیق ۱۴۵ مقاله در زمینه بهینه‌سازی خرپاها از منظر روش‌های بهینه‌سازی (کلاسیک و فراکاوشی) با روش تحلیل سختی تحت بارگذاری استاتیکی از نظر انواع بهینه‌سازی، انواع توابع هدف، انواع قیود و انواع خرپاهای صفحه‌ای و فضایی و خرپاهای بزرگ مقیاس مورد تحقیق و در نهایت این دو روش بهینه‌سازی با دقت بیشتر برای بهینه‌سازی خرپای ۱۰ عضوی صفحه‌ای مورد موشکافی بیشتر قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند کمک مناسبی برای محققان بهینه‌سازی باشد تا خلاها و کمبودهای تحقیق در زمینه بهینه‌سازی خرپاها را بتوان مشخص کرد.

## واژه‌های کلیدی

بهینه‌سازی خرپاها، روش‌های کلاسیک (ریاضی)، الگوریتم‌های فراکاوشی، روش سختی

## مقدمه

بهینه‌سازی عبارت است از رسیدن به بهترین نتیجه در مورد یک عملیات در حالی که محدودیت‌های مشخصی برآورده شده باشند. بنابراین طرح بهینه، بهترین طراحی قابل قبول بر اساس یک معیار کیفی شایستگی از پیش تعیین شده تعریف می‌شود [۱۴۶]. در صنایع مربوط به مهندسی‌های هوا و فضا، عمران، مکانیک و خودرو هزینه در درجه اول اهمیت قرار دارد که این باعث می‌شود وزن سازه، هزینه و عملکرد آن تحت تأثیر قرار گیرد. کمبود روزافزون مواد خام، تمایل به داشتن سازه‌های سبک، کارا و ارزان‌قیمت اهمیت بهینه‌سازی سازه‌ها را به خوبی نشان می‌دهد. در ابتدا برای بهینه‌سازی سازه‌ها از روش‌های ریاضی (کلاسیک) استفاده می‌شد و بعد از آن الگوریتم‌های فراکاوشی وارد عرصه بهینه‌سازی سازه‌ها شدند. در این میان سازه‌های خرپایی به دلیل کارایی بالا در ساخت انواع سازه‌ها در مباحث بهینه‌سازی از توجه خاصی برخوردارند. تحقیقات انجام شده در این زمینه باعث به وجود آمدن تنوع فراوانی در روش‌های بهینه‌سازی شده است به طوری که هر کدام از پژوهشگران بر کارآمدی روش پیشنهادی خود تاکید دارند. با توجه به این موضوع جمع‌بندی و انجام مطالعه مقایسه‌ای بین روش‌های موجود (روش‌های کلاسیک و الگوریتم‌های فراکاوشی) جهت انتخاب روش مناسب و استفاده کارا از آن‌ها ضرورت پیدا می‌کند [۱۰۶]. با بررسی تحقیقات صورت گرفته می‌توان به خوبی مشاهده کرد روش‌های بهینه‌سازی باید از منظرهای فراوانی با هم مقایسه شوند. در بهینه‌سازی خرپاها تحقیقات بر روی انواع بهینه‌سازی، انواع توابع هدف، انواع قیود، انواع خرپاهای صفحه‌ای و فضایی، خرپاهای بزرگ مقیاس، انواع روش‌های تحلیل، انواع بارگذاری و ترکیب منطق فازی، شبکه‌های عصبی و تئوری آشفتگی و نظریه قابلیت

اعتماد سازه‌ها با استفاده از روش‌های ریاضی [۱۴۵-۱۱۰] و بر روی انواع بهینه‌سازی، انواع توابع هدف، انواع قیود، انواع خرپاهای صفحه‌ای و فضای، خرپاهای بزرگ مقیاس، انواع روش‌های تحلیل، انواع بارگذاری و ترکیب منطق فازی، شبکه‌های عصبی و تئوری آشفتگی و نظریه قابلیت اعتماد سازه‌ها با استفاده از الگوریتم‌های فراکاوشی [۱۰۹-۱] صورت گرفته است. این موضوع لزوم مطالعه، جمع‌بندی و مقایسه بین این تحقیقات را به خوبی نشان می‌دهد تا این مقایسه‌ها بتواند به محققان علم بهینه‌سازی سازه‌ها کمک کند تا شناخت جامع‌تری بر روی روش‌های بهینه‌سازی سازه، نقاط قوت و ضعف آن‌ها و خلاها و کمبودهای تحقیقاتی داشته باشند. در تحقیق حاضر برای مقایسه دو روش کلی بهینه‌سازی (روش‌های کلاسیک و الگوریتم‌های فراکاوشی) با روش تحلیل سختی تحت بارگذاری استاتیکی ۱۴۵ مقاله مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفته‌اند.

در ادامه ابتدا به معرفی روش‌های بهینه‌سازی مورد مطالعه پرداخته می‌شود. سپس یک مقایسه کمی بین دو روش کلی بهینه‌سازی صورت می‌گیرد. و بعد از آن حل یک مساله نمونه از سازه‌های خرپایی جهت مقایسه دو روش کلی بهینه‌سازی انجام می‌شود. در نهایت نتایج به دست آمده از این تحقیق ارائه خواهد شد.

## معرفی روش‌های بهینه‌سازی سازه‌ها

روش‌های موجود برای بهینه‌سازی سازه‌ها به دو دسته کلی روش‌های کلاسیک (ریاضی)<sup>۱</sup> و الگوریتم‌های فراکاوشی<sup>۲</sup> تقسیم می‌شوند. روش‌های ریاضی با استفاده از اصول مشتق‌پذیری ریاضی بهینه‌سازی را انجام می‌دهند. اما با پیچیده‌تر شدن مسائل بهینه‌سازی و عدم کارایی مطلوب روش‌های ریاضی نیاز به ابزارهای کارآمدتر برای حل این مسائل احساس شد. علاوه بر مشکلاتی همچون نیاز به تضمین‌هایی در خصوص مشتق‌پذیری و پیوستگی، امکان همگرایی به بهینه محلی، زمان حل این روش‌ها در بسیاری از مسائل به صورت نمایی رشد می‌کند. در پاسخ به این نیاز الگوریتم‌های فراکاوشی ظهور پیدا کردند که با الهام از طبیعت به وجود آمده‌اند. این الگوریتم‌ها هیچ‌گونه نیازی به اطلاعات مشتق مسئله ندارد. با عملگرهای خاص خود قادر به فرار از بهینه محلی و کشف بهینه کلی هستند و زمان محاسبات مورد نیاز در آن‌ها با افزایش ابعاد مسأله به صورت خطی یا چندجمله‌ای افزایش می‌یابد [ذکر مرجع]. بدین طریق الگوریتم‌های فراکاوشی بسیار زیادی در این سال‌ها به دنیای بهینه‌سازی معرفی شده است که علی‌رغم توانایی آن‌ها در حل مسائل بهینه‌سازی سازه‌ها در مقایسه با روش‌های ریاضی باز هم این الگوریتم‌ها نیز دارای ضعف‌هایی هستند و برای افزایش توانایی پژوهشگران بهینه‌سازی سازه‌ها لازم است که ضعف‌های هر کدام از این الگوریتم‌ها و حتی علاوه بر آن‌ها ضعف‌های هر کدام از روش‌های ریاضی برطرف شود. حتی می‌توان با ترکیب الگوریتم‌های مختلف یا با ترکیب الگوریتم‌ها با روش‌های ریاضی روش‌های بهینه‌سازی سازه‌ها را بهبود بخشید. در این مقاله ۲۸ الگوریتم فراکاوشی و ۳۵ روش ریاضی مورد بررسی قرار گرفته‌اند که به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه می‌گردد. برای آشنایی بیشتر با این روش‌ها و الگوریتم‌ها به ترتیب برای روش‌های ریاضی به مراجع ۱۴۵-۱۱۰ و برای الگوریتم‌های فراکاوشی به مراجع ۱-۱۰۹ مراجعه شود.

<sup>1</sup> Classic Methods (Mathematic Optimization)<sup>2</sup> Metaheuristic Algorithms