بسم الله الرحمن الرحيم

**دانشکده فنی و مهندسی**

**بخش مهندسی عمران**

**پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه**

---

# طرح بهینه سازه های فولادی با مهاربند خارج از محور به روش عملکردی

---

**مؤلف:**

**محمد اخلاقی بوزانی**

**استاد راهنما:**

**دکتر جواد سلاجقه**

**استاد مشاور:**

**دکتر عیسی سلاجقه**

**بهمن‌ماه ۱۳۹۰**

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

**بخش مهندسی عمران**

**دانشکده فنی و مهندسی**

**دانشگاه شهید باهنر کرمان**

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو : محمد اخلاقی بوزانی

استاد راهنما : دکتر جواد سلاجقه

استاد مشاور : پروفسور عیسی سلاجقه

داور ۱ : پروفسور حامد صفاری

داور۲ : دکتر سعید شجاعی باغینی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده : دکتر مریم احتشام‌زاده

**حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.**

**تقدیم به:**

# پدر و مادر مهربانم

## چکیده

اگر بتوان وزن سازه را با حفظ مقاومت و عملکرد آن، به نحوی کاهش داد تا در طی وقوع زلزله، انرژی کمتری جذب کند؛ آنگاه خسارت‌های وارده کمتر شده و همزمان با تأمین اقتصاد طرح، ایمنی سازه نیز افزایش می‌یابد. در واقع هدف اصلی برقراری ارتباط بین دو مبحث اساسی علم مهندسی عمران، یعنی طراحی بر اساس عملکرد و بهینه‌سازی سازه‌ها است؛ تا ضمن بهبود عملکرد در سازه، بتوان وزن بهینه آن را نیز تعیین نمود. سازه‌های فولادی با مهاربند خارج ازمحور، باتوجه به شکل‌پذیری و سختی مناسب که به ترتیب خاصیت قاب‌های خمشی و قاب‌های مهاربندی شده همگرا می‌باشد، می‌تواند ارائه‌کننده‌ی یک سازه‌ی مقاوم برای جذب انرژی و کنترل تغییرمکان در مناطق لرزه‌خیز باشد. در این تحقیق به بهینه‌سازی سازه‌های فولادی با مهاربند خارج از محور، به روش طراحی براساس عملکرد(Performance Based Design) پرداخته می‌شود؛ که از جمله پارامترهای مؤثر در این امر تعیین طول تیرپیوند در مهاربند و سطح مقطع اعضا می‌باشد و به بررسی تغییرات طول تیرپیوند در هر ارتفاعی از سازه پرداخته می‌شود. با توجه به این که در این نوع بادبندها تمام رفتار غیرخطی در ناحیه تیرپیوند اتفاق می‌افتد، ممکن است ثابت نگه داشتن طول تیرپیوند، باعث تشکیل مفاصل پلاستیک در محل‌های ناخواسته شود، به همین علت متغیر بودن تیرپیوند در هر ارتفاعی از سازه می‌تواند تأثیر مطلوبی بر مکانیزم تشکیل شده در تیرپیوند داشته باشد. روش بهینه‌سازی مورد استفاده در این تحقیق الگوریتم ژنتیک می‌باشد.



**کلمات کلیدی:** بهینه‌سازی، مهاربند خارج از محور، طراحی براساس عملکرد، تیرپیوند.

## فهرست مطالب

**عنوان.....صفحه**


فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه..... ۲

۱-۲- تاریخچه..... ۴

۱-۳- ساختار پایان‌نامه..... ۶

فصل دوم: روش‌های بهینه‌سازی

۲-۱- مقدمه..... ۸

۲-۲- روش‌های بهینه‌سازی..... ۸

۲-۳- الگوی مسئله‌ی بهینه‌سازی..... ۹

۲-۳-۱ تابع هدف..... ۹

۲-۳-۲- متغیرهای طراحی..... ۱۰

۲-۳-۲-۱- انواع متغیرها از لحاظ فیزیکی..... ۱۰

۲-۳-۲-۱-۱- متغیر طراحی نوع مصالح..... ۱۰

۲-۳-۲-۱-۲- متغیرهای طراحی شکل یا هندسه‌ی سازه..... ۱۱

۲-۳-۲-۱-۳- متغیرهای طراحی توپولوژی سازه..... ۱۱

۲-۳-۲-۱-۴- متغیرهای طراحی اندازه یا ابعاد..... ۱۱

۲-۳-۳- محدودیت‌های طراحی..... ۱۱

۲-۳-۳-۱ محدودیت تغییر مکان..... ۱۱

۲-۳-۳-۲- محدودیت‌های جانبی..... ۱۲

۲-۳-۳-۳- محدودیت تنش..... ۱۲

**فهرست مطالب (ادامه)**

**عنوان.....صفحه**

۲-۴- روش های کلی بهینه‌سازی.....۱۲

۲-۴-۱- روش‌های عددی.....۱۲

۲-۴-۲- روش‌های تحلیلی.....۱۳

۲-۵- انواع روش‌های بهینه‌سازی .....۱۳

۲-۵-۱- روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی.....۱۳

۲-۵-۲- روش‌های بهینه‌سازی نامقید.....۱۳

۲-۵-۳- روش‌های بهینه‌سازی مقید.....۱۴

۲-۵-۴- روش‌های بهینه‌سازی مسائل با متغیرهای گسسته.....۱۴

۲-۵-۴-۲- الگوی بهینه‌سازی متغیرهای گسسته.....۱۴

۲-۵-۴-۳- تأثیر متغیر گسسته در جواب نهایی.....۱۵

۲-۵-۵- روش‌های بهینه‌سازی برگرفته از طبیعت.....۱۵

۲-۶- بهینه‌سازی قاب‌های فولادی با مهاربند خارج از محور بر اساس عملکرد.....۱۶

۲-۶-۱- تابع هدف.....۱۶

۲-۶-۲- متغیرهای مسأله.....۱۷

۲-۶-۳- قیود مسأله.....۱۷

فصل سوم: الگوریتم ژنتیک

۳-۱- مقدمه.....۱۹

۳-۲- تاریخچه.....۱۹

۳-۳- خصوصیات الگوریتم وراثتی.....۲۰

**فهرست مطالب (ادامه)**

**عنوان.....صفحه**


۳-۴- مفاهیم کلیدی الگوریتم وراثتی..... ۲۱
۳-۴-۱- کروموزم..... ۲۱
۳-۴-۲- جمعیت..... ۲۱
۳-۴-۳- تابع شایستگی (برازندگی)..... ۲۲
۳-۴-۴- تولید مثل..... ۲۲
۳-۴-۵- عملگر انتخاب..... ۲۲
۳-۴-۵-۱- روش‌های مختلف انتخاب..... ۲۳
۳-۴-۶- عملگر همبری..... ۲۳
۳-۴-۷- عملگر جهش..... ۲۳
۳-۴-۸- همگرایی..... ۲۳
۳-۵- چگونگی عملکرد الگوریتم وراثتی..... ۲۴
۳-۵-۱- تابع شایستگی..... ۲۴
۳-۵-۱-۱- تابع هدف..... ۲۵
۳-۵-۱-۲- تابع هدف اصلاح شده..... ۲۵
۳-۵-۱-۳- روش‌های تبدیل تابع هدف به تابع برازندگی..... ۲۵
۳-۵-۲- جمعیت اولیه..... ۲۶
۳-۵-۳- رمزگشایی کروموزم‌ها..... ۲۷
۳-۵-۳-۱- رمزگشایی متغیرهای پیوسته..... ۲۷
۳-۵-۳-۲- رمزگشایی متغیرهای گسسته..... ۲۹
۳-۵-۴- ارزیابی کروموزم‌ها..... ۳۰
۳-۵-۵- عملگر انتخاب..... ۳۰
۳-۵-۵-۱- انتخاب چرخ گردان..... ۳۱
۳-۵-۶- عملگر همبری..... ۳۳
۳-۵-۶-۱- همبری تک نقطه‌ای..... ۳۳

**فهرست مطالب (ادامه)**

**عنوان.....صفحه**

۳-۵-۶-۲- عملگر دو نقطه‌ای..... ۳۴

۳-۵-۶-۳- همبری چند نقطه‌ای..... ۳۵

۳-۵-۶-۴- همبری یکنواخت..... ۳۵

۳-۵-۶-۵- همبری مبتنی بر شایستگی..... ۳۶

۳-۵-۷- جهش..... ۳۶

۳-۵-۸- انتخاب نسل بعد..... ۳۷

۳-۵-۹- همگرائی الگوریتم..... ۳۸

۳-۶- نمودار گردشی و فلوچارت الگوریتم وراثتی..... ۳۸

فصل چهارم: طراحی بر اساس عملکرد

۴-۱- مقدمه..... ۴۲

٤-۲- اهداف عملکرد..... ۴۳

۴-۳- سطوح عملکردی..... ۴۳

۴-۳-۱- سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای..... ۴۳

۴-۳-۱-۱- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه..... ۴۴

۴-۳-۱-۲- سطح عملکرد خرابی محدوده..... ۴۴

۴-۳-۱-۳- سطح عملکرد ایمنی جانی..... ٤٤

٤-۳-۱-٤- سطح عملکرد ایمنی جانی محدود..... ٤٤

٤-۳-۱-٥- سطح عملکرد آستانه‌ی فروریزش..... ٤٥

۴-۳-۲- سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای..... ٤٥

٤-۳-۲-۱- سطح عملکرد خدمت رسانی بی‌وقفه (N-A)..... ٤٥

٤-۳-۲-۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه (N-B)..... ٤٦

**فهرست مطالب (ادامه)**

**عنوان.....صفحه**


٤-٣-٢-٣- سطح عملکرد ایمنی جانی (N-C)..... ٤٦

٤-٣-٢-٤- سطح عملکرد ایمنی جانی محدود (N-D)..... ٤٦

٤-٣-٢-٥- سطح عملکرد لحاظ نشده (N-E)..... ٤٦

٤-٣-٣- انواع سطوح عملکرد کل ساختمان..... ٤٦

٤-٤- احتمال رویداد سطوح مختلف زلزله..... ٤٧

٤-٥- اهداف بهسازی..... ٤٩

٤-٥-١- بهسازی مبنا..... ٤٩

٤-٥-٢- بهسازی مطلوب..... ٤٩

٤-٥-٣- بهسازی ویژه..... ٤٩

٤-٦- انواع اجزای سازه‌ای..... ٥٠

٤-٧- مکانیزم خرابی و کنترل آن..... ٥٠

٤-٨- روش‌های تحلیل..... ٥٢

٤-٨-١- تحلیل استاتیکی غیرخطی..... ٥٢

٤-٨-١-١- عملکرد اعضا تحت بارهای رفت و برگشت..... ٥٣

٤-٨-١-٢- انواع تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی..... ٥٣

٤-٩- توزیع پوش‌های ثقلی و جانبی بکار رفته در تحلیل..... ٥٥

٤-١٠- نقطه کنترل..... ٥٥

٤-١١- توزیع بار جانبی..... ٥٥

٤-١١-١- توزیع نوع اول..... ٥٦

**فهرست مطالب (ادامه)**

**عنوان.....صفحه**

٤-١١-١-١- توزیع بار جانبی به روش استاتیکی خطی..... ٥٦

٤-١١-١-٢- توزیع متناسب با شکل مود اول درجهت مورد نظر..... ٥٧

٤-١١-١-٣- توزیع متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی..... ٥٧

٤-١١-٢- توزیع نوع دوم..... ٥٨

٤-١١-٢-١- توزیع یکنواخت..... ٥٨

٤-١١-٢-٢- توزیع متغییر..... ٥٩

٤-١٢- ملاحظات خاص پیچش..... ٥٩

٤-١٣- روش‌های تعیین تغییر مکان هدف..... ٦٠

٤-١٣-١- روش طیف ظرفیت..... ٦٠

٤-١٣-١-١- نحوه‌ی تعیین تغییرمکان هدف با استفاده از طیف ظرفیت (ATC40)..... ٦١

٤-١٣-٢- محاسبه تغییرمکان هدف با استفاده از روش ضرایب..... ٦٣

٤-١٣-٢-١- روش بدست آوردن $T_e$ با استفاده از مدل دوخطی منحنی پوش‌آور..... ٦٥

٤-١٤- رفتار بادبندهای برون‌محور..... ٦٩

٤-١٥- معیارهای پذیرش..... ٧١

٤-١٥-١- معیارهای پذیرش برای سازه‌های فولادی با مهاربند خارج از محور..... ٧١

٤-١٦- کنترل اعضا بر اساس مکانیزم خرابی..... ٧٣

٤-١٦-١- اعضای کنترل شونده توسط تغییرشکل..... ٧٣

٤-١٦-٢- اعضای کنترل‌شونده توسط نیرو..... ٧٣

٤-١٧- دوران تسلیم و لنگر پلاستیک تیر پیوند..... ٧٣

٤-١٨- مفصل (HING) غیرخطی..... ٧٤

٤-١٨-١ تعریف مفصل تیر پیوند..... ٧٤

**فهرست مطالب (ادامه)**

**عنوان.....صفحه**


فصل پنجم: مدلسازی و مثال‌ها

۵-۱- کلیات.....۷۷

۵-۲- تابع هدف.....۷۷

۵-۲-۱- متغیرهای مسأله.....۷۸

۵-۲-۲- تابع هدف اصلاح شده.....۷۸

۵-۳- قاب ۳ طبقه مدل‌سازی شده.....۸۱

۵-۳-۱- محاسبه تغییرمکان هدف قاب ۳ طبقه به روش ضرایب.....۸۴

۵-۴- قاب ۶ طبقه مدل‌سازی شده.....۸۵

۵-۴-۱- محاسبه تغییرمکان هدف قاب ۶ طبقه به روش ضرایب.....۸۵

۵-۵- قاب ۸ طبقه مدل‌سازی شده.....۸۹

۵-۵-۱- محاسبه تغییرمکان هدف قاب ۸ طبقه به روش ضرایب.....۸۵

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهاد

۶-۱- نتایج.....۹۳

۶-۲- پیشنهاد.....۹۳

منابع.....۹۴

## فهرست شکل‌ها

**عنوان.....صفحه**


شکل۳-۱: شکستن یک کروموزم به متغیرهایش.....۲۷

شکل۳-۲: نحوی شماره‌گذاری بیت‌های متغیر $x_i$ با طول $L_i$.....۲۸

شکل۳-۳: روش چرخ گردان.....۳۲

شکل۳-۴: همبری دو نقطه‌ای.....۳۴

شکل۳-۵: عملگر همبری یکنواخت.....۳۵

شکل۳-۶: یک کروموزم قبل و بعد از اعمال جهش.....۳۷

شکل۳-۷: چگونگی عملکرد الگوریتم وراثتی.....۴۰

شکل۴-۱: نمودار هیسترزیس.....۵۳

شکل۴-۲: نمودار رفتار اعضای کنترل شونده توسط تغییرشکل در روش ساده.....۵۴

شکل٤-۳: نمودار رفتار اعضای کنترل شونده توسط تغییرشکل در روش کامل.....٥٤

شکل۴-۴: توزیع بار جانبی به روش استاتیکی خطی برای قاب‌های متفاوت.....۵۷

شکل۴-۵: توزیع بار جانبی، متناسب با شکل مود اول درجهت مورد نظر برای قاب‌های متفاوت.۵۸

شکل۴-۵: توزیع بار جانبی، متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی برای قاب‌های متفاوت.....۵۹

شکل۴-۶: منحنی ظرفیت (پوش‌آور) و منحنی طیف پاسخ الاستیک با میرایی ۵٪.....۶۱

شکل۴-۷: روند تبدیل طیف پاسخ استاندارد به فرمت ADRS.....۶۲

شکل۴-۸: روند تبدیل منحنی ظرفیت به فرمت ADRS.....۶۳

شکل۴-۹: منحنی طیف ظرفیت و طیف پاسخ همراه با یکدیگر در فرمت ADRS.....۶۳

شکل۴-۱۰: نمایش دوخطی منحنی پوش‌آور و تعیین پارامترهای مؤثر در تعیین $T_e$.....۶۵

## فهرست شکل‌ها (ادامه)

**عنوان.....صفحه**

شکل۴-۱۱: نمودار بار-جابجایی در المان‌های فولادی..... ۷۱

شکل٤-۱۲: تعیین دوران تسلیم در المان‌های فولاد..... ۷۲

شکل ۵-۱: قاب ۳ طبقه مهاربندی شده واگرا..... ۸۱

شکل ۵-۲: متوسط تابع هدف اصلاح شده به تعداد تکرار برای قاب ۳ طبقه تحت آنالیز پوش‌آور..... ۸٤

شکل۵-۳: قاب ٦ طبقه مهاربندی شده واگرا..... ۸۵

شکل ۵-٤: متوسط تابع هدف اصلاح شده به تعداد تکرار برای قاب ٦ طبقه تحت آنالیز پوش‌آور..... ۸۷

شکل۵-۵: قاب ۸ طبقه مهاربندی شده واگرا..... ۸۸

شکل ۵-٦: متوسط تابع هدف اصلاح شده به تعداد تکرار برای قاب ۸ طبقه تحت آنالیز پوش‌آور..... ۹۱

## فهرست جداول

**عنوان.....صفحه**


جدول۳-۱: رمزگشایی رشته دودویی سه بیتی..... ۳۰

جدول۴-۱: سطوح عملکردی مختلف و شاخص خرابی..... ۴۸

جدول۴-۲: سطوح مختلف زلزله‌ها..... ۴۹

جدول۴-۳: مقادیر ضریب $C_0$..... ۶۶

جدول۴-۴: تعیین $T_s$ بر اساس جدول ۳ آیین‌نامه ۲۸۰۰..... ۶۷

جدول٤-۵: مقدار ضریب $\alpha$..... ٦٨

جدول۴-۶: مقدار ضریب $C_2$..... ۶۸

جدول۴-۷: تعیین A بر اساس جدول ۲ آیین‌نامه ۲۸۰۰..... ۷۰

جدول٤-۸: پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش در روش غیرخطی- سازه فولادی..... ۷۵

جدول۵-۱: مقدار تغییر مکان هدف برای قاب ۳ طبقه..... ۸۳

جدول۵-۲: مقاطع و طول تیرپیوند قاب ۳ طبقه مهاربندی واگرا در حالت روش طراحی براساس عملکرد (آنالیز پوش‌آور)..... ۸۴

جدول۵-۳: مقدار تغییر مکان هدف برای قاب ۶طبقه..... ۸۷

جدول ۵-۴: مقاطع و طول تیرپیوند قاب ۶ طبقه مهاربندی واگرا در حالت روش طراحی براساس عملکرد (آنالیز پوش‌آور)..... ۸۸

جدول ۵-۳: مقدار تغییر مکان هدف برای قاب ۸ طبقه..... ۸۹

جدول۵-۵: مقاطع و طول تیرپیوند قاب ۸ طبقه مهاربندی واگرا در حالت روش طراحی براساس عملکرد (آنالیز پوش‌آور)..... ۹۰

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

ایده استفاده از قاب مهاربندی واگرا، اولین بار توسط پروفسور پوپوف و همکارانش مطرح شد و مزیت‌های منحصربفرد سیستم، شناخته شد و در سال ۱۹۸۰ مورد استفاده قرارگرفت[۱]. قاب‌های مهاربندی واگرا (EBF[1]) به دلیل داشتن دو موضوع اساسی در طراحی ساختمان یعنی مقاومت و شکل‌پذیری از سازه‌های مناسب برای طراحی لرزه‌ای بشمار می‌روند. سازه‌های فولادی با مهاربند خارج ازمحور، با توجه به شکل‌پذیری و سختی مناسب که به ترتیب خاصیت قاب‌های خمشی و قاب‌های مهاربندی شده‌ی همگرا می‌باشد، می‌تواند ارائه‌کننده‌ی یک سازه‌ی مقاوم برای جذب انرژی وکنترل تغییرمکان در مناطق لرزه‌خیز باشد.

هدف اصلی طراحان سازه، دست‌یابی به بهترین طرح ممکن می‌باشد و در طراحی، ساخت و نگهداری هر دستگاه، مهندسان باید تصمیم‌های فنی و مدیریتی بسیار زیادی را بگیرند که هدف نهایی چنین کارهایی کاهش و حداقل کردن هزینه‌ها و یا حداکثر کردن مقاومت، ضریب اطمینان، ایمنی و سود حاصل باشد. بنابراین می‌توان بهینه‌سازی[2] را به عنوان فرایند یافتن شرایطی دانست، که مقدار حداکثر و حداقل یک تابع را ایجاد می‌کند. بهینه‌سازی در مفهوم گسترده خود، می‌تواند در حل هر مسئله مهندسی بکار برود.

در طراحی سازه‌ها، هدف ارائه طرحی است که از بیشترین کارایی برخوردار باشد. در واقع هدف اصلی هر طرح از بهینه کردن یک مسئله این است که، عوامل مختلف را به گونه‌ای ترکیب کند که علاوه بر این‌که مجموعه‌ای از نیازها و ضوابط را برآورده کند، هزینه لازم را حداقل و سود مورد نظر را حداکثر سازد. در طراحی هر نوع سیستم کاربردی علوه بر مسائل فنی و ضوابط طراحی، اقتصاد مسئله نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. محاسبه طرحی که کمترین هزینه اجرایی را داشته باشد، با استفاده از الگوریتم‌های متعددی امکان‌پذیر است. الگوریتم‌های مذکور تابعی از پامترهای اقتصادی مسئله را به عنوان تابع هدف انتخاب می‌کنند و با محاسبه حداقل یا حداکثر آن و اقناع ضوابط طراحی گزینه مناسب را به دست میاورند. در نتیجه سیستم حاصل علاوه بر دارا بودن استانداردهای طراحی کمترین هزینه اجرایی را خواهد داشت.

طبق نظر اکثر آیین‌نامه‌ها، مقدار نیروی زلزله در جهت طراحی یک سازه ارتباط مستقیم با وزن سازه دارد. یعنی هرچقدر وزن سازه بیشتر گردد، سازه در طی وقوع زلزله انرژی بیشتری جذب می‌کند و بیشتر تحت تأثیر نیروی زلزله قرار می‌گیرد. در حالی که هرچه وزن سازه کمتر باشد

---

[1] . Eccentrically Braced Frame
[2] . Optimization

نیروی کمتری در طی مدت زمان وقوع زلزله جذب کرده و بهتر در برابر زلزله عمل می‌کند. اما اینکه چه وزنی جهت یک سازه بهترین وزن است و چگونه به وزن بهینه در یک سازه برسیم نیز هدف تحقیقات بسیاری از سه دهه پیش تا کنون است و از الگوریتم‌های متعددی نظیر ژنتیک، شبیه‌سازی بازپخت، پرندگان، مورچگان و... در این زمینه استفاده شده است.

در سال‌های اخیر، روش‌های طراحی سازه در برابر زلزله دستخوش تغییرات زیادی شده است و مفهومی بنام عملکرد در مباحث طراحی مطرح شده است. در علم مهندسی سازه و زلزله با ورود و جایگزینی روش طراحی بر اساس عملکرد[1] به جای روش قدیمی طراحی براساس نیرو، بسیاری از آیین‌نامه‌های طراحی در حال گذر از یک سری تغییرات بنیادی هستند. روش کنونی طراحی سازه‌ها بر مبنای طراحی به روش مقاومت است و شامل تخمین برش پایه در سازه و توزیع آن در ارتفاع و تعیین مقاومت مورد نیاز اجزای سازه‌ای در برابر این بار است. صرف‌نظر کاستی‌هایی که در این روش وجود دارد، بیان رفتار اجزای سازه‌ای از طریق تک پارامتر مقاومت در بسیاری از موارد پاسخ مناسبی بدست نمیاورد. در حقیقت هدف از طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد، قادر ساختن مهندسان به طراحی سازه‌هایی است که عملکردشان قابل پیش‌بینی باشد، هدف اصلی این نوع طراحی، واردکردن کارفرما در انتخاب میزان آسیب‌پذیری ساختمان در سطوح مختلف زمین‌لرزه است که خود این هدف مستلزم معلوم بودن نحوه‌ی عملکرد سازه در سطوح مختلف زمین‌لرزه‌هاست. در واقع با مشخص کردن سطوح عملکردی حداکثر خرابی مورد انتظار سازه مشخص می‌گردد.

محققین بر اساس مطالعاتی که بر روی اثرات زمین‌لرزه‌های اخیر همجون زمین‌لرزه‌ی Northridge آمریکا در سال ۱۹۹۴ انجام داده‌اند، مشاهده کردند سازه‌های که با آیین‌نامه‌های متداول طراحی شده‌اند، از لحاظ تأمین امنیت و سلامت جانی ساکنین عملکرد خوبی از خود نشان داده‌اند، ولی میزان خسارت وآسیب‌های وارده بر سازه‌ها، به خصوص برای سازه‌های که از لحاظ نوع کارایی آن‌ها مهم بوده‌اند به طور قابل ملاحظه ای بالا بوده‌اند.

امروزه اعتقاد بر این است که تنها در نظرگرفتن سطح عملکرد مصونیت جانی و بررسی رفتار سازه در محدوده‌ی خطی برای طرح لرزه‌ای در نواحی فعال لرزه‌ای کافی نیست. در آیین‌نامه‌های موجود حداقل معیار لازم جهت حفظ امنیت جان ساکنین ساختمان در هنگام وقوع زلزله تأمین می‌شود ولی این آیین‌نامه‌ها فاقد مکانیزم لازم جهت کنترل ساختمان‌ها در سطوح عملکرد متفاوت

[1] . Performance Based Design

می‌باشد. علاوه بر آن مسیری که بتوان رفتار واقعی سازه را در مرحله‌ی غیر خطی پیش‌بینی نموده و برای سطوح عملکرد بالاتر و زلزله‌های بزرگتری که رفتار سازه در آن خطی نخواهد بود به درک درستی رسید، وجود ندارد.

### ۱-۲- تاریخچه

پیشروترین افراد در ارائه مفاهیم روش طراحی براساس عملکرد، سعیدی و سوزن[1] بوده‌اند [۲]. این دو در مقاله خود که در سال ۱۹۸۰ میلادی انتشار یافت برای اولین بار مفاهیم این روش را معرفی کردند و باعث شد که این مقاله به عنوان مرجع اصلی سایر تحقیقاتی که در این زمینه انجام گرفته قرار گیردو در واقع تحقیقات بعدی در جهت بهبود و یا اصلاح این روش توسط سعیدی و سوزن بوده است. اکثر تحقیقات انجام گرفته در این زمینه توسط چوپرا و فایفر انجام شده است [۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸].

از جمله مؤسساتی که عمدتاً در هدایت این تحقیقات سهم عمده‌ای داشته‌اند می‌توان به انجمن تکنولوژی کاربردی (ATC[2])، جامعه مهندسان عمران آمریکا (ASCE) و انجمن ایمنی لرزه‌ای ساختمان‌ها (BSSC) اشاره کردکه در اولین گام در سال ۱۹۹۶ مطالعات خود را در قالب نشریه FEMA[3] و ATC 40 ارائه دادند [۸، ۹]. در ادامه با رویکرد جدی‌تر محققان به این امر، بحث طراحی بر اساس عملکرد تکامل بیشتری پیدا کرد، به گونه‌ای که گزارش‌های FEMA به عنوان معیارهای ارزیابی عملکرد ساختمان‌ها به طور رسمی به عنوان پیش استاندارد معرفی شدند. در ایران در زمینه بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها، در خرداد سال ۱۳۸۱ دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود توسط دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، در اختیار جامعه مهندسان کشور قرار گرفت و در سال ۱۳۸۵ ویرایش دوم آن با عنوان نشریه ۳۶۰ به صورت بخش‌نامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران ابلاغ گردید [۱۰]. با توجه به پیش‌گفتار دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود چارچوب پیش‌نویس اولیه خود دستورالعمل نیز گزارش‌های FEMA، به خصوص FEMA273، FEMA274، FEMA356 و FEMA357 است.

---

[1] . Saeedi & Sozen
[2] . Applied Technology Council
[3] . Federal Emergency Management Agency

در این پژوهش از الگوریتم ژنتیک[1] جهت بهینه‌سازی استفاده شده است، این الگوریتم، در سال ۱۹۶۲ توسط جان هلند[2] ارایه و در دهه‌ی ۶۰ و ۷۰ میلادی با تلاش وی، همکاران و دانشجویانش در دانشگاه میشیگان آمریکا توسعه پیدا کرد. کتاب هلند، تحت عنوان سازش در سیستم‌های طبیعی و مصنوعی در سال ۱۹۷۵ منتشر شد و یکی از مراجع اصلی در مبحث الگوریتم وراثتی است. پس از آن، تحقیقات زیادی در زمینه‌های بنیادی و کاربردی روی این الگوریتم انجام شده است. نتایج ارایه شده از تحقیقات صورت گرفته، نشان دهنده‌ی توانایی این الگوریتم در حل مسایل گوناگون است.

در سال ۱۹۸۶ نخستین کاربرد روش ژنتیک در طرح بهینه‌سازی توسط گلدبرگ[3] انجام شد. او سطح مقطع خرپا را با اعمال محدودیت تنش[4] بهینه کرد و در هر بار پارامترهی جمعیت اولیه را به شکل متفاوت انتخاب کرد. البته کار او از کارائی پایینی برخوردار بود؛ چراکه تحلیل‌های زیادی را برای جستجوی پاسخ بهینه لازم داشت. در سال ۱۹۹۲ مقاله‌ای توسط دی جانگ، با عنوان الگوریتم وراثتی بهینه‌ساز توابع نیست، ارایه شد. این مقاله بیان‌گر این بود که الگوریتم وراثتی فقط یک ابزار بهینه‌سازی برای توابع ریاضی نیست، بلکه توانایی‌های بسیار بیشتری در حل مسایل مختلف دنیای واقعی دارد.

درهمین سال کریشنامورتی[5] و راجیو[6] به بهینه‌سازی خرپاهایی پرداختند که در آن‌ها متغیر سطح مقطع به شکل گسسته انتخاب شده بودند و از روش ژنتیکی که توسط گلدبرگ ارائه شده بود برای بهینه‌سازی آن‌ها بهره‌گرفتند [۱۱]. در سال ۱۹۹۳ گریرسون[7] و پاک[8] در زمینه بهینه‌سازی سازه‌ها با استفاده از روش ژنتیک به ارائه طرحی برای بهینه‌سازی قاب‌ها بر اساس معیارهای آیین‌نامه پرداختند. در این روش متغیرها شامل ، متغیرهای شکل[9] ، اندازه[10] و توپولوژی[11] بودند واز بین جمعیت، یک طرح تصادفی انتخاب می‌شد و تحلیل دقیق بر روی آن انجام می‌گرفت. از آن به بعد، توجه بسیاری از محققان، دانشمندان و مهندسان به استفاده از این الگوریتم برای حل مسایل مختلف جلب شده است. تا کنون در زمینه‌های فراوانی از این الگوریتم در بهینه‌سازی توابع

---

1. Genetic Algorithm
2. John Holland
3. Goldberg
4. Stress constraint
5. Krishnamoorty
6. Rajeev
7. Grierson
8. pak
9. Shap variable
10. Sizing
11. Topology