بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی عمران

گروه سازه

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی عمران گرایش سازه

عنوان

طراحی بهینه‌ی لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی با استفاده از روش بهینه‌سازی بر مبنای آموزش – یادگیری (TLBO)

استاد راهنما

دکتر علی حدیدی

استاد مشاور

دکتر ناصر تقی زادیه

پژوهشگر

سعید نصراللهی مجید

شهریور ۹۳

تقدیر و تشکر:

حمد و سپاس بی‌کران شایسته الطاف خدایی است که توفیق سلامتی، تحصیل علم و تحقیق را به من عطا فرمود.

به‌پاس نعمات بی‌حد پروردگار بر خود لازم می‌دانم سپاس گذار تمامی عزیزانی باشم که در به ثمر رسیدن این پژوهش، از همکاری‌های صمیمانه و راهنمایی‌های ارزنده آن‌ها برخوردار بوده‌ام.

بر خود لازم می‌دانم بدین‌وسیله از زحمات بی‌دریغ، تلاش‌های بی‌وقفه و راهنمایی‌های ارزشمند استاد گرامی جناب آقای دکتر حدیدی که در طول دوره‌ی تحصیلات تکمیلی و تحقیق، مرا از دانش و راهنمایی‌های ارزنده خویش با گشاده‌رویی بهره‌مند ساخته‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین بر خود لازم می‌دانم که سپاس گذار راهنمایی‌ها و آموزش‌های بی‌شائبه استاد محترم جناب آقای دکتر تقی زادیه باشم.

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم به آنان که مهر آسمانی‌شان آرام‌بخش آلام زمینی‌ام است.

به استوارترین تکیه‌گاهم، دستان پرمهر پدرم

به گرم‌ترین نگاه زندگی‌ام، چشمان پرمهر مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره‌ای از دریای بیکران مهربانی‌تان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی‌ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما. ره‌آوردی گران‌سنگ‌تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان

نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه، غبار خستگی‌تان را بزداید.

نام خانوادگی: نصراللهی مجید **نام:** سعید

عنوان پایان‌نامه: طراحی بهینه‌ی لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی با استفاده از روش بهینه‌سازی بر مبنای آموزش – یادگیری (TLBO)

استاد راهنما: دکتر علی حدیدی

استاد مشاور: دکتر ناصر تقی زادیه

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی عمران **گرایش:** سازه **دانشگاه:** تبریز

دانشکده: مهندسی عمران **تاریخ فارغ‌التحصیلی:** ۱۳۹۳/۰۶/۱۷ **تعداد صفحه:۱۰۰**

کلیدواژه‌ها: طراحی بهینه، قاب‌های فولادی، روش بهینه‌سازی بر مبنای آموزش- یادگیری، روش‌های فرا اکتشافی

چکیده:

بهینه‌سازی یعنی رسیدن به بهترین نتیجه در مورد یک عملیات، درحالی‌که محدودیت‌های مشخصی برآورده شده باشد. با توجه به کاهش همه‌جانبه‌ی منابع، بهینه‌سازی در زمینه‌های مهندسی امری ضروری می‌باشد. یکی از جدیدترین روش‌های فرا اکتشافی بهینه‌سازی در مواجهه با مسائل مهندسی، بهینه‌سازی بر مبنای آموزش – یادگیری TLBO می‌باشد. این روش از رفتار یک معلم در کلاس و انتقال آموزش از طریق او به دانش‌آموزان الهام گرفته‌شده است.

برخلاف سایر الگوریتم‌های فرا اکتشافی الهام‌یافته از طبیعت، TLBO جهت اجرا نیاز به هیچ کنترل‌کننده‌ی خاص الگوریتم ندارد و فقط پارامترهای عادی بهینه‌سازی مانند اندازه جمعیت، تعداد تکرار و ... در اجرای آن نقش دارند. در این پایان‌نامه سعی شده است به کمک این روش به بهینه‌سازی قاب‌های فولادی پرداخته شود و مؤثر بودن آن در حل مسائل بهینه‌سازی سازه موردبررسی قرار گیرد.

برای این منظور محاسبات لازم به‌وسیله‌ی برنامه‌نویسی در محیط MATLAB انجام‌یافته است.

جهت اثبات صحت این کدهای تهیه‌شده برای محاسبات لازم، قبل از بکار گیری آن‌ها جهت بهینه‌سازی بر روی مسائل ساده‌ای امتحان گردیدند.

نتایج به‌دست‌آمده از بهینه‌سازی TLBO جهت بررسی و کارآمدی روش بهینه‌سازی مذکور، با برخی از روش‌های بهینه‌سازی مورد مقایسه قرارگرفته است. در این پایان‌نامه به بهینه‌سازی چهار قاب فولادی پرداخته‌شده است که نتایج آن‌ها نشان می‌دهد روش TLBO با کاهش تلاش محاسباتی به جواب‌های بهتری نیز می‌رسد.

عنوان فهرست مطالب شماره صفحه

فصل اول: پیشینه ی تحقیق

۱-۱ مروری بر پژوهش‌های انجام‌یافته ۲

۱-۲ طراحی و بهینه‌سازی‌های انجام‌یافته به کمک روش TLBO..... ۳

۱-۲-۱ پیدایش و کاربرد نظریه‌ی TLBO در سایر علوم مهندسی..... ۳

۱-۲-۲ استفاده از روش TLBO در مهندسی عمران..... ۱۲

۱-۲-۳ بهینه‌سازی قاب‌های فولادی ۱۴

فصل دوم: مواد و روش ها

۲-۱ آشنایی با مفاهیم بهینه‌سازی سازه‌ها..... ۲۱

۲-۱-۱ مفاهیم و تعاریف بکار رفته در بهینه‌سازی ۲۲

۲-۱-۱-۱ متغیرهای طراحی..... ۲۳

۲-۱-۱-۲ تابع هدف..... ۲۴

۲-۱-۱-۳ قیدها..... ۲۶

۲-۲ بهینه‌سازی بر مبنای آموزش – یادگیری ۲۷

۲-۲-۱ فلسفه‌ی الگوریتم TLBO..... ۳۰

۲-۲-۲ مبانی ریاضی و محاسباتی TLBO..... ۳۳

۲-۲-۲-۱ فاز معلم..... ۳۵

۲-۲-۲-۲ فاز دانش‌آموز..... ۳۶

۲-۲-۳ پیاده‌سازی TLBO در بهینه‌سازی..... ۳۶

۲-۳ روش‌های اعمال قیدها..... ۴۱

۲-۳-۱ انواع روش‌های اعمال قیدها..... ۴۲

۲-۳-۲ محدودیت‌های آیین‌نامه‌ای..... ۴۷

۲-۳-۲-۱ تعیین ظرفیت محوری عضو..... ۴۸

۲-۳-۲-۲ تعیین ظرفیت خمشی عضو..... ۵۰

۲-۴ تحلیل ماتریسی قاب..... ۵۳

۲-۴-۱ الگوریتم مورد استفاده برای تحلیل سازه ها.....۵۴

فصل سوم: نتایج و بحث، نتیجه گیری و پیشنهادات

۳-۱ صحت سنجی کدها.....۶۱

۳-۱-۱ صحت سنجی کد TLBO.....۶۱

۳-۱-۲ بررسی کد تحلیل ۶۷

۳-۲ طراحی بهینه‌ی قاب‌های فولادی به کمک TLBO.....۷۴

۳-۲-۱ بیان مسئله‌ی بهینه‌سازی سازه‌ها.....۷۵

۳-۲-۲ بررسی مسائل بهینه‌سازی.....۷۷

بررسی قاب‌های ۳ طبقه‌ی ۲ دهانه (بارگذاری حالت اول).....۷۷

بررسی قاب‌های ۳ طبقه‌ی ۲ دهانه (بارگذاری حالت دوم).....۷۹

بررسی قاب ۱۰ طبقه‌ی ۱ دهانه.....۸۱

بررسی قاب ۲۴ طبقه‌ی ۳ دهانه..... ۸۵

۳-۳ نتیجه‌گیری.....۸۸

۳-۴ پیشنهاد برای کارهای آتی.....۹۰

مراجع.....۹۲

پیوست (کد TLBO و تحلیل قاب).....۹۶

فهرست اشکال

شکل ۲-۱ مثال خرپای سه میله‌ای.....۲۵

شکل ۲-۲ توزیع نمرات به‌دست‌آمده‌ی دانش‌آموزان آموزش‌دیده توسط دو معلم مختلف.....۳۰

شکل ۲-۳ مدل توزیع نمرات به‌دست‌آمده برای دانش‌آموزان در یک کلاس.....۳۲

شکل ۲-۴ فلوچارت الگوریتم بهینه‌سازی بر مبنای آموزش یادگیری TLBO.....۳۴

شکل ۲-۵ روش پیشگیری در تولید متغیرها..... ۴۲

شکل ۲-۶ متغیرهای نیازمند روش درمان..... ۴۳

شکل ۲-۷ روش اعمال بارگذاری گسترده در تحلیل FEM..... ۵۸

شکل ۳-۱ همگرایی پاسخ نهایی و میانگین تابع مثال ۳-۱ ..... ۶۲

شکل ۳-۲ نمودار تابع مثال ۳-۱..... ۶۲

شکل ۳-۳ نحوه‌ی همگرایی پاسخ‌ها به پاسخ مینیمم..... ۶۳

شکل ۳-۴ صحت سنجی کد TLBO در مثال ۶۶

شکل ۳-۵ همگرایی مثال۳-۲ صحت سنجی کد TLBO..... ۶۶

شکل ۳-۶ هندسه‌ی قاب مورد تحلیل برای بررسی صحت کد تحلیل مثال ۳-۳..... ۶۸

شکل ۳-۷ مقایسه عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی برای خروجی‌های حاصل از MATLAB و ETABS ۶۹

شکل ۳-۸ نیروهای دو سر گره‌های عضو ۷۰

شکل ۳-۹ هندسه‌ی مثال ۳-۴ صحت سنجی کد تحلیل..... ۷۱

شکل ۳-۱۰ بارگذاری معادل به‌جای بار گسترده..... ۷۱

شکل ۳-۱۱ نیروهای گرهی اعضای قاب موردبررسی در مثال ۳-۴ صحت سنجی کد تحلیل..... ۷۲

شکل ۳-۱۲ قاب فولادی سه‌طبقه‌ی دو دهانه [۱۸].(بارگذاری حالت اول) ۷۸

شکل ۳-۱۳ نرخ اندرکنش المان‌های مثال ۳-۵ (۱)..... ۷۹

شکل ۳-۱۴ تاریخچه همگرایی مثال ۳-۵ (۱)..... ۷۹

شکل ۳-۱۲ قاب فولادی سه‌طبقه‌ی دو دهانه [۱۸].(بارگذاری حالت دوم) ۸۰

شکل ۳-۱۳ نرخ اندرکنش المان‌های مثال ۳-۵ (۲)..... ۸۱

شکل ۳-۱۴ تاریخچه همگرایی مثال ۳-۵ (۲)..... ۸۱

شکل ۳-۱۸ قاب فولادی ده طبقه‌ی یک دهانه..... ۸۲

شکل ۳-۱۹ نرخ اندرکنش المان‌های مثال ۳-۶..... ۸۲

شکل۳-۲۰ تغییر مکان جانبی نسبی درون طبقه مثال ۳-۶..... ۸۲

شکل ۳-۲۱ تاریخچه همگرایی مثال قاب ده طبقه‌ی یک دهانه..... ۸۳

شکل ۳-۲۲ قاب فولادی بیست‌وچهار طبقه‌ی سه دهانه..... ۸۵

شکل ۳-۲۳ تغییر مکان جانبی نسبی درون طبقه مثال ۳-۷..... ۸۶

فهرست جداول

جدول۳-۱ مقایسه نتایج الگوریتم رائو برای تابع مبنا [۱].....۶۵

جدول ۳-۲ مقایسه تغییر مکان گره‌ها برای خروجی‌های حاصل از MATLAB و ETABS.....۶۸

جدول ۳-۳ خروجی قاب سه‌طبقه‌ی دو دهانه (بارگذاری حالت اول) و مقایسه با سایر روش‌ها.....۷۸

جدول ۳-۳ خروجی قاب سه‌طبقه‌ی دو دهانه (بارگذاری حالت اول) و مقایسه با سایر روش‌ها.....۸۰

جدول ۳-۵ خروجی قاب ده طبقه‌ی یک دهانه و مقایسه با سایر روش‌ها.....۸۴

جدول ۳-۶ خروجی قاب بیست‌وچهار طبقه‌ی سه دهانه و مقایسه با سایر روش‌ها.....۸۷

فصل اول:

مروری بر پژوهش‌های انجام‌یافته

۱-۱ مقدمه

طراحی سازه‌های ایمن - در برابر انواع اثرات و بارهای وارده‌ی محتمل - با صرف کمترین هزینه ممکن، از دیرباز ذهن مهندسین طراح صنعت ساختمان را درگیر به خود نموده است. در دهه‌های اخیر با تولید کامپیوترها و پیشرفت‌های انجام‌یافته در پردازشگرهای آن‌ها، امکان انجام تحلیل و طراحی‌های کامپیوتری برای مهندسین سازه، فراهم گردیده است که به‌موجب آن شاهد افزایش دقت و سرعت تحلیل و طراحی‌های سازه‌های مهندسی و به‌تبع آن کاهش وزن، هزینه و افزایش ایمنی سازه‌ها بوده‌ایم.

در سال‌های اخیر نیز، با توجه به انجام یافتن تحقیقات وسیع در زمینه‌های مختلف بهینه‌سازی و کاربرد روش‌های فرا اکتشافی به کمک کامپیوترها، شاهد پیشرفت‌های چشم‌گیری در شاخه‌ی بهینه‌سازی سازه‌ها بوده‌ایم که منجر به کاهش بیشتر وزن سازه‌ها بدون وارد شدن خللی در ایمنی - و حتی بهبود در عملکرد سازه در هنگام زلزله و تحت بارهای لرزه‌ای ناشی از آن – شده است.

یکی از پیشرفت‌های حاصل درزمینه‌ی بهینه‌سازی به جهت استفاده از کامپیوترها، ابداع روش‌های جدید برای حل کردن و مواجهه با مسائل بهینه‌سازی می‌باشد. در طی دهه‌های اخیر، تحقیقات وسیعی در مورد روش‌های طراحی بهینه‌ی سازه‌ها صورت گرفته است و نتیجه‌ی آن چاپ مقالات زیادی در رابطه با بهینه‌سازی در مجلات معتبر علمی می‌باشد. یکی از جدیدترین این روش‌ها، بهینه‌سازی بر مبنای آموزش – یادگیری (TLBO)[1] می‌باشد که موضوع بررسی این پایان‌نامه را نیز به خود اختصاص می‌دهد. این روش بر اساس فلسفه‌ی تأثیر یک معلم بر روی نتایج دانش‌آموزان در یک کلاس درس طرح‌ریزی‌شده است. قبل از

[1] Teaching – Learning Based Optimization

ورود به بررسی روش مذکور، در ادامه‌ی این فصل به بررسی منابع و پژوهش‌های قبلی انجام‌یافته در مورد بهینه‌سازی قاب‌های فولادی با استفاده از انواع روش‌های فرا اکتشافی و روش TLBO خواهیم پرداخت.

هفتکه و گوردال[1] در کتاب مبانی بهینه‌سازی خود که یکی از منابع بسیار خوب جهت ورود به شاخه‌ی بهینه‌سازی سازه‌ها می‌باشد، طراحی بهینه را به‌عنوان بهترین طراحی قابل‌قبول بر اساس یک معیار کیفی شایستگی از پیش تعیین‌شده تعریف می‌کنند [۳۶] و مبانی بسیار خوبی را برای ورود به این شاخه مطرح می‌سازند. در این کتاب بعد از ارائه توضیحات مختصری در رابطه با تاریخچه‌ی بهینه‌سازی و فراهم نمودن مطالبی در رابطه با مقدمات ورود به بهینه‌سازی، توضیحات خوبی در ارتباط با برنامه‌ریزی‌های خطی، بهینه‌سازی‌های نامقید، بهینه‌سازی‌های مقید و ... برای خواننده ارائه‌شده است.

۱-۲ طراحی و بهینه‌سازی‌های انجام‌یافته به کمک روش TLBO

۱-۲-۱ پیدایش و کاربرد TLBO در سایر علوم

رائو[2] و همکارانش در سال ۲۰۱۱ روشی را موسوم به بهینه‌سازی بر مبنای آموزش – یادگیری (TLBO) جهت بهینه‌سازی مسائل طراحی مکانیکی و برای اولین بار در قالب مقاله‌ای ارائه کردند. [۱] رائو استاد رشته‌ی مهندسی مکانیک انستیتوی بین‌المللی تکنولوژی .S.V هندوستان است و تا به امروز در شاخه‌ی

[1] R.T.Haftka & Z.Gurdal
[2] R.Venkata.Rao

بهینه‌سازی مهندسی مطالعات و تحقیقات فراوانی انجام داده است که نتیجه‌ی آن چاپ مقالات زیادی در این زمینه از او می‌باشد. روش بهینه‌سازی بر مبنای آموزش و یادگیری جدیدترین تحقیق رائو در شاخه‌ی بهینه‌سازی می‌باشد. این روش بر اساس فلسفه‌ی انتقال آموزش از طریق معلم به دانش‌آموزان در یک کلاس و تأثیر این عمل بر روی نتایج دانش‌آموزان پایه‌ریزی شده است. همانند سایر روش‌های فرا اکتشافی TLBO نیز یک روش مبتنی بر جمعیت است. جمعیت در این روش به‌عنوان دانش‌آموزان یک کلاس تلقی می‌شوند. فرایند TLBO در دو فاز انجام می‌یابد: فاز معلم و فاز دانش‌آموز. در مقاله‌ی عنوان‌شده برای بررسی مؤثر بودن الگوریتم TLBO، روش مذکور، جهت بهینه‌سازی ۵ تابع هدف محدود، ۴ مسئله طراحی مکانیکی مبنا مختلف و ۶ مسئله طراحی بهینه‌ی مکانیکی کاربردی به کار گرفته‌شده است که نتایج به‌دست‌آمده، همگی نسبت به سایر روش‌های بهینه‌سازی مورد مقایسه، بهتر بوده و بیانگر کارایی بسیار خوب روش TLBO جهت کاربرد در طراحی‌های بهینه می‌باشند. مؤثر بودن TLBO توسط مقایسه‌ای بر روی خصوصیات عملکردی مختلف، مانند پاسخ میانگین، مقدار متوسط ارزیابی تابع موردنیاز، سرعت همگرایی و ... به اثبات رسید. رائو با توجه به کیفیت خروجی‌های TLBO نسبت به سایر روش‌ها، شایستگی روش مذکور را جهت استفاده در مسائل بهینه‌سازی نشان داد.

پس از ارائه‌ی این مقاله، رائو و همکارانش بر روی تئوری و مبانی ریاضی این روش و تکمیل و کاربرد آن، کارهای گسترده‌ای انجام دادند که به‌عنوان نمونه می‌توان به مقاله‌ای با عنوان یک الگوریتم بهینه‌سازی نخبه‌گرای مبتنی بر آموزش و یادگیری برای حل کردن مسائل بهینه‌سازی مقید پیچیده اشاره نمود. [۲] الگوریتم‌های الهام‌یافته از طبیعت مبتنی بر جمعیت یک شاخه‌ی تحقیقاتی است که پدیده‌های مختلف طبیعی

را جهت حل دامنه‌ی وسیعی از مسائل شبیه‌سازی می‌کند. محققان روش‌های مختلفی با در نظر گرفتن پدیده‌های طبیعی گوناگون ارائه نموده‌اند. در این تحقیق نخبه‌گرایی در TLBO معرفی‌شده و تأثیر آن بر روی الگوریتم مذکور موردبحث قرار داده‌شده است. همچنین تأثیر پارامترهای کنترل‌کننده‌ی معمول، مانند اندازه‌ی جمعیت و تعداد تکرار در عملکرد الگوریتم موردبحث قرارگرفته است. این الگوریتم به‌غیراز پارامترهای کنترل‌کننده‌ی مذکور به هیچ‌گونه کنترل‌کننده‌های مخصوص الگوریتم دیگری نیاز ندارد. الگوریتم جدید پیشنهادشده بر روی ۳۵ تابع مبنا مقید با پارامترهای مختلف آزمایش‌شده و عملکرد الگوریتم با نتایج دیگر الگوریتم‌های متداول و معروف مورد مقایسه قرارگرفته است. الگوریتم پیشنهادشده می‌تواند بر روی مسائل مختلف بهینه‌سازی در محیط صنعت اعمال گردد. نتایج نشان داد که برای توابع زیادی استراتژی در نظر گرفتن نخبه‌گرایی، نتایج بهتری نسبت به بدون در نظر گرفتن آن دارد. این موضوع در بررسی توابع دارای اندازه‌ی جمعیت بزرگ بیشتر نمود می‌کند. همچنین نتایج به‌دست‌آمده در این بررسی با نتایج حاصل از سایر روش‌های فرا اکتشافی مورد مقایسه قرارگرفته‌شده است که درنهایت عملکرد رضایت بخشی برای روش TLBO نشان می‌دهد.

در سال ۲۰۱۲، رائو و همکارانش بار دیگر با ارائه‌ی مقاله‌ای به بررسی مبانی ریاضی و ظرفیت‌های روش جدید TLBO در مواجهه با مسائل بهینه‌سازی نامقید پرداختند. عنوان این مقاله عملکرد مقایسه‌ای یک الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری نخبه‌گرا برای حل کردن مسائل بهینه‌سازی نامحدود می‌باشد. [۳] در این مقاله، تأثیر نخبه‌گرایی روی عملکرد الگوریتم TLBO در حل کردن مسائل مبنا غیر مقید موردبحث قرارگرفته است. این الگوریتم پیشنهادشده بر روی ۷۶ تابع هدف غیر مقید با مشخصات

متفاوت آزمایش‌شده است و عملکرد الگوریتم با سایر روش‌های بهینه‌سازی معروف مورد مقایسه قرارگرفته است. یک بررسی آماری نیز برای بحث بر روی نتایج به‌دست‌آمده از الگوریتم‌های متفاوت انجام یافت. نتایج مؤثر بودن روش بهینه‌سازی نخبه‌گرای TLBO را ثابت می‌کرد.

در سال ۲۰۱۳، با توجه به این موضوع که در جستجوی پاسخ بهینه الگوریتم TLBO خود را قوی و قدرتمند نشان داد، ساتاپاتی[1] و همکارانش بر روی مقاله‌ای با عنوان یک بهینه‌سازی بر مبنای آموزش و یادگیری مبتنی بر طراحی متعامد جهت حل مسائل بهینه‌سازی کلی کارکردند. [۴] در این مقاله یک الگوریتم اصلاح‌شده‌ی TLBO مبتنی بر طراحی متعامد که آن را OTLBO[2] نامیده‌اند ارائه‌شده است. OTLBO، TLBO را سریع و قوی‌تر می‌کرد. دلیل این موضوع به علت استفاده‌ی OTLBO از یک طراحی متعامد و تولید پاسخ بهینه‌ی حساب‌شده با استفاده از روش بهینه‌ی آماری است. استراتژی جدید انتخاب‌شده در جهت کاهش تکرار و سریع‌تر کردن همگرایی الگوریتم اعمال‌شده است. در این مقاله OTLBO در حل کردن چند تابع مبنا مسائل بهینه‌سازی با تعداد زیادی مینیمم موضعی مورد ارزیابی قرارگرفته‌شده است. شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که OTLBO در تمام موارد قادر به یافتن پاسخ نزدیک به مقدار بهین می‌باشد. در مقایسه با دیگر الگوریتم‌های تکاملی، OTLBO به‌طور چشم‌گیری در ارتباط باکیفیت، سرعت و پایداری پاسخ نهایی بهتر عمل می‌نماید.

یک الگوریتم بهبودیافته TLBO برای حل مسائل بهینه‌سازی غیر محدود عنوان مقاله‌ی دیگری از رائو و همکارانش در ارتباط با کاربرد الگوریتم TLBO در بهینه‌سازی‌های مهندسی در سال ۲۰۱۳ می‌باشد.

[1] Satapathy
[2] Orthogonal Teaching – Learning Based Optimization

[۵] وی در این مقاله به اصلاح الگوریتم روش TLBO پرداخته و مبانی ریاضی روش جدید را در این پژوهش پایه‌ریزی و معرفی کرده است. الگوریتم TLBO مسائل چندبعدی خطی و غیرخطی را با بهره‌وری قابل‌توجهی حل می‌نماید. در این مقاله الگوریتم اولیه‌ی TLBO جهت افزایش دادن ظرفیت جستجو و بهره‌وری آن با معرفی مفاهیمی من‌جمله تعداد معلمین، فاکتور تدریس توافقی، آموزش خودآموزها و تحریک انگیزه‌ی خودآموزی اصلاح‌شده است. این مفاهیم علاوه بر مفاهیم اولیه‌ی الگوریتم TLBO قابلیت‌های حل مسئله بهینه‌سازی الگوریتم مذکور را افزایش داد. عملکرد TLBO اصلاح‌شده توسط کاربرد آن بر روی یک دامنه از توابع مبنا نامحدود استاندارد دارای مشخصات مختلف ارزیابی گردید. روش جدید، قابل کاربرد برای طیف وسیعی از مسائل مهندسی بود که رائو این مطلب را با مقایسه نتایج چند مثال با نتایج حاصل از الگوریتم پایه‌ی TLBO و سایر روش‌های فرا اکتشافی ارائه‌شده در مقالات معتبر به اثبات رسانده است.

مقاله‌ی دیگری با عنوان بهینه‌سازی چندهدفه‌ی مبدل‌های حرارتی با استفاده از الگوریتم TLBO اصلاح‌شده در سال ۲۰۱۳ توسط رائو و همکارانش به چاپ رسید. [۶] آن‌ها در این پژوهش در راستای نشان دادن توانایی‌های الگوریتم TLBO با بهره‌گیری از الگوریتم اصلاح‌شده‌ی آن به بررسی بهینه‌سازی چندهدفه‌ی مبدل‌های حرارتی پرداختند. ماکسیمم سازی اثربخشی مبدل‌های حرارتی و می نیمم کردن هزینه‌ی کلی مبدل‌ها به‌عنوان توابع هدف در نظر گرفته شدند. جهت بررسی اثربخشی و دقت الگوریتم جدید ارائه‌شده، در این مقاله دو مثال موردبررسی قرار گرفت. در پایان نتایج حاصل از بهینه‌سازی با استفاده از