



دانشگاه صنعتی تبریز رضیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی سیستمهای انرژی

بهینه سازی چیدمان برجهای تقطیر

استاد راهنما:

دکتر مجید عمید پور

دانشجو:

کاظم حسن زاده

۸۶۰۴۳۵۴

تیر ۱۳۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به پدرم که بی نیازیم آموخت
به مادرم که به من درس محبت داد



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تأییدیه هیات داوران

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت

عنوان: **بهینه سازی چیدمان برجهای تقطیر**

توسط آقای **کاظم حسن زاده لشکاجانی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ

درجه کارشناسی ارشد در رشته: **مهندسی مکانیک** گرایش: **مهندسی سیستمهای**

انرژی

مورد تایید قرار می دهند.

امضاء	آقای دکتر عمید پور	۱-استاد راهنما
امضاء	آقای دکتر -----	۲-استاد مشاور
امضاء	آقای دکتر بشر حق	۳-ممتحن خارجی
امضاء	آقای دکتر بهبهانی نیا	۴-ممتحن داخلی
امضاء	آقای دکتر بهبهانی نیا	۵- نماینده تحصیلات تکمیلی

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه: بهینه سازی چیدمان برجهای تقطیر

استاد راهنما: آقای دکتر عمید پور

نام دانشجو: کاظم حسن زاده لشکاجانی

شماره دانشجویی: ۸۶۰۴۳۵۴

اینجانب **کاظم حسن زاده** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش مهندسی سیستمهای انرژی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده ام.

امضای دانشجو:

تاریخ:

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

- ۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هر گونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.
ضمنا متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.
- ۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.
همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تشکر و قدر دانی

بر خود لازم می دانم از تلاش و زحمات استاد راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر عمید پور که در طول دوره کارشناسی ارشد از حمایت و راهنمایی ایشان همواره بهره مند بوده ام تشکر و قدر دانی نمایم. راهنمایی های ایشان در این راه آموزگار بی همتای زندگانی ام خواهد بود.

از اساتید ممتحن محترم، جناب آقای دکتر بشر حق و دکتر بهبهانی نیا که فرصت مطالعه بر این تحقیق نهادند سپاس گزاری می کنم.

در پایان از تلاش و همکاریهای کلیه عزیزانی که در این تحقیق با اینجانب همکاری نمودند مخصوصاً خانواده محترم صمیمانه قدردانی می نمایم.

چکیده

برج تقطیر به عنوان مهمترین وسیله جهت جداسازی ترکیبات هیدروکربنی می باشد. دربرجهای تقطیر مصرف انرژی سهم بالایی را در هزینه های عملیاتی سیستم دارد و کاهش آن به عنوان ملزومات سیستم به شمار می آید. از طرفی جداسازی جریانها با توجه به تعداد اجزای تشکیل دهنده، توالیهای متعددی را دارا می باشد و تعداد این توالی چیدمانها با افزایش تعداد اجزاء جریان بشدت افزایش می یابد. این امر باعث پیچیدگی سیستم شده و دست یابی به چیدمان بهینه را دشوارتر می سازد.

در این پایان نامه با استفاده از تئوریهای مربوط به برج تقطیر حاکم بر مفاهیم تکنولوژی پینچ به بهینه سازی توالی برجهای تقطیر پرداخته شده است. بدین صورت که ابتدا بر اساس تئوریهای یکپارچه سازی، حداکثر یکپارچه سازیهای ممکن برای سیستم جداسازی محصول سبک واحد الفین با چهار جزء در توالیهای مختلف در نظر گرفته شده و با استفاده روشهای بهینه سازی ممکن شرایط عملیاتی بهینه شده است. ضمناً جهت بالا بردن بازدهی اگزرتیک در مجموعه برجهای تقطیر امکان تولید توان در چیدمانها بررسی شده و همچنین نشان داده شده که سیستم پیچیده ای که دارای حداکثر یکپارچه سازی است لزوماً دارای قابلیت کنترل پذیری کمتری نسبت به بقیه چیدمانها نمی باشد.

در بخش بعدی الگوریتمی برای ایجاد یکپارچه سازی های حرارتی در چیدمانها و محاسبه تابع هدف هزینه های سالانه کل سیستم ارائه شده و سپس با استفاده از روشهای سریع به طراحی، کد گذاری و حل ریاضیاتی جهت بهینه سازی توالیهای مختلف در موارد مطالعاتی پرداخته شده است. بمنظور کمینه سازی هزینه های سالانه از روشهای بهینه سازی الگوریتم ژنتیک و جستجوی هارمونی استفاده شده است. در نهایت با استفاده از این نتایج و روش ارائه شده، مساله جداسازی الفین با تمام اجزاء بررسی شده و چیدمان یکپارچه حرارتی بهینه برای آن انتخاب شده است. همچنین در تمام قسمتها نتایج مراجع معتبر مقایسه و صحت گذاری شده و نشان از آن دارد که در تمام موارد دقت و سرعت بهتری نسبت به کارهای گذشته دارد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱: مقدمه.....	۱
۱-۱ انگیزه انتخاب پروژه.....	۱
۱-۲ تاریخچه سنتز ترکیب های یکپارچه جداسازی.....	۲
۱-۳ تقسیم بندی مطاب پایان نامه.....	۵
فصل ۲: برج تقطیر.....	۶
۲-۱ برج های تقطیر.....	۷
۲-۲ اصول جداسازی چند مرحله ای.....	۸
۲-۲-۱ مرحله های آبشاری.....	۸
۲-۲-۲ محاسبه دمای نقطه شبنم.....	۱۳
۲-۲-۳ محاسبه دمای نقطه حباب.....	۱۴
۲-۲-۴ روش های میان بر طراحی ستونهای تقطیر چند جزئی.....	۱۵
۲-۲-۵ اصول طراحی در جداسازی های چند جزئی.....	۱۸
۲-۳ یکپارچه سازی برج ها در فرایند.....	۲۰
۲-۳-۱ مشخصات یکپارچه سازی برج های تقطیر.....	۲۱
۲-۳-۲ تعیین مکان مناسب برج های تقطیر.....	۲۱
۲-۳-۳ استفاده از منحنی های جامع ترکیبی برای یکپارچه سازی برج های تقطیر.....	۲۳
۲-۳-۴ توسعه طراحی برج های ساده برای بهبود یکپارچگی حرارتی.....	۲۵
۲-۳-۵ نکاتی در مورد هزینه های سرمایه ای.....	۲۸
۲-۳-۶ مشخصات یکپارچه سازی در ترتیب بندی برج های تقطیر.....	۳۰
۲-۴ بررسی ترتیب بندی بهینه ستون ها.....	۳۶

- ۲-۴-۱ ترتیب بندی تقطیر با استفاده از ستون های ساده.....۳۶
- ۲-۴-۲ محدودیت های کاربردی۳۹
- ۲-۴-۳ گزینه های ترتیب بندی برج های ساده۳۹
- ۲-۵ کنترل پذیری.....۴۰
- ۲-۶ تحلیل اگزرژی.....۴۳
- ۲-۶-۱ تعاریف اگزرژی۴۳
- ۲-۶-۲ مؤلفه های اگزرژی۴۴
- ۲-۶-۳ بازگشت ناپذیری و افت اگزرژی۴۶
- ۲-۶-۴ بازده اگزرژتیک۴۷
- فصل ۳: معرفی روشهای بهینه سازی بکار رفته.....۴۹**
- ۳-۲ الگوریتم ژنتیک۵۰
- ۳-۳ الگوریتم جستجوی هارمونی.....۵۴
- ۳-۳-۱ مرحله اول: تنظیم پارامترها.....۵۴
- ۳-۳-۲ مرحله دوم: (تولید حافظه هارمونی)۵۵
- ۳-۳-۳ مرحله سوم: (تولید یک حافظه هارمونی جدید).....۵۵
- ۳-۳-۴ مرحله چهارم: (بروز کردن حافظه هارمونی).....۵۶
- ۳-۳-۵ مرحله پنجم: (چک کردن شرایط توقف).....۵۶
- ۳-۳-۶ الگوریتم جستجوی هارمونی بهبود یافته.....۵۸
- ۳-۳-۷ دلایل انتخاب الگوریتم جستجوی هارمونی۵۹
- فصل ۴: بررسی موارد مطالعاتی۶۱**
- ۴-۱ معرفی واحد اولفین.....۶۱
- ۴-۲ بهینه سازی حرارتی چیدمان برجهای تقطیر برای جداسازی جریان چهار جزئی۷۰

- ۴-۲-۱ مورد مطالعاتی ۷۱
- ۴-۲-۲ شرح و بررسی نتایج ۸۵
- ۴-۲-۳ نتیجه گیری ۸۹
- ۴-۳ تولید توان در چیدمان برجهای یکپارچه حرارتی برای جداسازی جریان چهار جزئی ۹۱
- ۴-۳-۱ مورد مطالعاتی ۹۲
- ۴-۳-۲ شرح و بررسی نتایج ۱۰۳
- ۴-۴ بررسی قابلیت کنترل پذیری چیدمان برجهای تقطیر بهمراه یکپارچه سازی های حرارتی بمنظور جداسازی جریان چند جزئی ۱۰۹
- ۴-۴-۱ مورد مطالعاتی ۱۱۰
- ۴-۴-۲ خواص تئوری کنترل ۱۱۱
- ۴-۴-۳ تحلیل مقدار ویژه ۱۱۱
- ۴-۴-۴ تحلیل آرایه بهره نسبی ۱۱۷
- ۴-۴-۵ نتیجه گیری ۱۱۸
- ۴-۵ ارائه الگوریتمی جهت ایجاد حداکثر یکپارچه سازی حرارتی چیدمان ها ۱۱۹
- ۴-۵-۱ فرمول بندی و کد گذاری مسئله ۱۲۰
- ۴-۵-۲ کدگذاری روش ایجاد یکپارچه سازی های حرارتی مابین برجاها ۱۲۳
- ۴-۵-۳ موارد مطالعاتی ۱۲۸
- ۴-۵-۴ مورد مطالعاتی ۱ ۱۲۸
- ۴-۵-۵ مورد مطالعاتی ۲ ۱۳۱
- ۴-۵-۶ مورد مطالعاتی ۳ ۱۳۴
- ۴-۵-۷ مورد مطالعاتی ۴ ۱۳۶
- ۴-۵-۸ مورد مطالعاتی ۵ ۱۳۹

۴-۵-۹	نتیجه گیری	۱۴۱
۴-۶	بهینه سازی ساختار جداسازی واحد اولفین با ایجاد یکپارچه سازی های حرارتی	۱۴۲
۴-۶-۱	کد گزاری مسئله بمنظور مدل سازی، ایجاد یکپارچه سازی های حرارتی و	
۱۴۲	محاسبه هزینه های کل سالانه	
۴-۶-۲	مورد مطالعاتی	۱۴۶
۴-۶-۳	نتیجه گیری	۱۵۳
۱۵۵	فصل ۵: نتیجه گیری و پیشنهادات	
۵-۱	بهینه سازی حرارتی چیدمان برجهای تقطیر برای جداسازی جریان چهار جزئی	۱۵۵
۵-۲	تولید توان در چیدمان برجهای یکپارچه حرارتی برای جداسازی جریان چهار جزئی	۱۵۶
۵-۳	بررسی قابلیت کنترل پذیری چیدمان برجهای تقطیر به همراه یکپارچه سازی های	
۱۵۷	حرارتی بمنظور جداسازی جریان چند جزئی	
۵-۴	ارائه الگوریتمی جهت ایجاد حداکثر یکپارچه سازی حرارتی چیدمان ها	۱۵۹
۵-۵	بهینه سازی ساختار جداسازی واحد اولفین با ایجاد یکپارچه سازی های حرارتی	۱۶۱
۵-۶	پیشنهادات	۱۶۲
	مراجع	۱۶۴

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۲. مراحل آبشاری ۹
- شکل ۲-۲. نمودار شماتیک مراحل آبشاری ۱۰
- شکل ۲-۳. محل مناسب برای برج های تقطیر ۲۲
- شکل ۲-۴. برج های تقطیری که به طور مناسبی در منحنی جامع ترکیبی جاگذاری نشده اند ۲۴
- شکل ۲-۵. برج های تقطیری که به خوبی در فرایند یکپارچه شده اند ۲۵
- شکل ۲-۶. برج های دوپاره یکپارچه (Double effect) ۲۶
- شکل ۲-۷. برج تقطیر با چگالنده میانی ۲۷
- شکل ۲-۸. موازنه هزینه های سرمایه گذاری در برج ها با شبکه مبدل های حرارتی در برجی که به خوبی با فرایند یکپارچه شده است ۲۸
- شکل ۲-۹. یکپارچه سازی حرارتی ترتیب بندی دو برج تقطیر ساده ۳۰
- شکل ۲-۱۰. برای ترتیب بندی های بدون محدودیت برج های ساده بهترین گزینه های ترتیب بندی مجزا، بهترین موارد در ترتیب بندی یکپارچه نیز هستند ۳۱
- شکل ۲-۱۱. جریان گرمی اجزاء کلیدی در تمام ترتیب بندی ها مشابهند، اما جریان گرمی اجزاء غیر کلیدی متغیر است ۳۲
- شکل ۲-۱۲. جریان گرمی کلی که به دو جزء کلیدی و غیر کلیدی تقسیم شده اند ۳۲
- شکل ۲-۱۳. پروفایل دما-آنتالپی ترتیب بندی ستون های ساده بدون محدودیت و دبی کم اجزاء غیر کلیدی ۳۳
- شکل ۲-۱۴. ترتیب بندی های مستقیم کوپل حرارتی هم مقدار حرارت و هم سطوح دمایی را تغییر می دهند ۳۵

- شکل ۱۵-۲. ترتیب بندی های غیر مستقیم کوپل حرارتی هم مقدار حرارت و هم سطوح دمایی را تغییر می دهند ۳۶
- شکل ۱۶-۲. ترتیب بندی مستقیم و غیر مستقیم برج های تقطیر ساده برای سه محصول ۳۷
- شکل ۱۷-۲. ترتیب بندی های مختلف برای یک جداسازی ۴ محصوله ۳۸
- شکل ۱۸-۲. اتلاف انرژی در یک مبدل حرارتی ۴۶
- شکل ۱۹-۲. منحنی بهینه سازی مصرف انرژی ۴۸
- شکل ۱-۳. دشوار بودن یافتن قله اصلی در برخی توابع ۵۰
- شکل ۲-۳. الگوریتم حل مسائل به روش الگوریتم ژنتیک ۵۲
- شکل ۳-۳. نمایش یک کروموزوم ۵۲
- شکل ۴-۳. فلوجارت الگوریتم جستجوی هارمونی ۵۷
- شکل ۵-۳. تغییرات bw, PAR, HMCR با تولید هارمونی های جدید ۵۹
- شکل ۱-۴. واحد اولفین و محصولات تولیدی در هر بخش از واحد ۶۳
- شکل ۲-۴. تامین برودت برای فرایندهای دمپائین واحد اولفین با سیستم خنک کاری دمپائین ۶۴
- شکل ۳-۴. چیدمان Distributed فرایند اولیه ۷۷
- شکل ۴-۴. چیدمان Distributed(C1&C3-R2) ۷۷
- شکل ۵-۴. چیدمان Distributed(C3-R1) ۷۷
- شکل ۶-۴. چیدمان Direct ۷۸
- شکل ۷-۴. چیدمان Direct(C3-R1) ۷۸
- شکل ۸-۴. چیدمان Direct(C3-R2) ۷۸
- شکل ۹-۴. چیدمان Direct-Indirect ۷۹
- شکل ۱۰-۴. چیدمان Direct-Indirect(C2-R1) ۷۹
- شکل ۱۱-۴. چیدمان Indirect ۷۹

۷۹.....	Indirect(C1&C2-R3) چیدمان	شکل ۴-۱۲
۸۰.....	Indirect-Direct چیدمان	شکل ۴-۱۳
۸۰.....	Distributed فرایند اولیه	شکل ۴-۱۴
۸۰.....	Distributed(C1&C3-R2) چیدمان	شکل ۴-۱۵
۸۱.....	Distributed(C3-R1) چیدمان	شکل ۴-۱۶
۸۱.....	Direct چیدمان	شکل ۴-۱۷
۸۲.....	Direct(C3-R1) چیدمان	شکل ۴-۱۸
۸۲.....	Direct(C3-R2) چیدمان	شکل ۴-۱۹
۸۳.....	Direct-Indirect چیدمان	شکل ۴-۲۰
۸۳.....	Direct-Indirect(C2-R1) چیدمان	شکل ۴-۲۱
۸۴.....	Indirect چیدمان	شکل ۴-۲۲
۸۴.....	Indirect(C1&C2-R3) چیدمان	شکل ۴-۲۳
۸۵.....	Indirect-Direct چیدمان	شکل ۴-۲۴
۱۰۰.....	Distributed(1X2&1X3) چیدمان	شکل ۴-۲۵
۱۰۰.....	Distributed(C1&C3-R2)(1X2&1X3) چیدمان	شکل ۴-۲۶
۱۰۱.....	Direct(1X2&2X3) چیدمان	شکل ۴-۲۷
۱۰۱.....	Direct(C3-R1)(1X2&2X3) چیدمان	شکل ۴-۲۸
۱۰۱.....	Direct(C3-R2&R1)(1X2) چیدمان	شکل ۴-۲۹
۱۰۲.....	Direct-Indirect(1X2&2X3) چیدمان	شکل ۴-۳۰
۱۰۲.....	Direct-Indirect(C2-R1)(2X3) چیدمان	شکل ۴-۳۱
۱۰۲.....	Indirect(1X2&2X3) چیدمان	شکل ۴-۳۲
۱۰۲.....	Indirect(C1&C2-R3)(1X2&2X3) چیدمان	شکل ۴-۳۳

- شکل ۳۴-۴. چیدمان Indirect-Direct(1X2&2X3)..... ۱۰۳
- شکل ۳۵-۴. مقادیر ویژه مینیمم در فرکانس های پایین و میانی..... ۱۱۳
- شکل ۳۶-۴. مقادیر ویژه مینیمم در فرکانس های بالا..... ۱۱۴
- شکل ۳۷-۴. عدد شرطی در فرکانس های پایین و میانی..... ۱۱۶
- شکل ۳۸-۴. عدد شرطی در فرکانس های بالا..... ۱۱۷
- شکل ۳۹-۴. نمایش کدگذاری نقاط جداسازی در جریان چند جزئی..... ۱۲۱
- شکل ۴۰-۴. نمایش کدگذاری چیدمان برجها در جداسازی جریان چند جزئی..... ۱۲۳
- شکل ۴۱-۴. الگوریتم ارائه شده بمنظور ایجاد یکپارچه سازی های حرارتی و محاسبه هزینه های عملیاتی چیدمان..... ۱۲۶
- شکل ۴۲-۴. نمایش روش کار الگوریتم ارائه شده برای محاسبه دماها و انتقال حرارتها مابین برجها..... ۱۲۷
- شکل ۴۳-۴. نتایج کار Miguel برای مورد مطالعاتی ۱..... ۱۳۰
- شکل ۴۴-۴. نتایج کار حاضر برای مورد مطالعاتی ۱..... ۱۳۰
- شکل ۴۵-۴. دیاگرام مقدار تابع هدف نسبت به iteration ها برای مورد مطالعاتی ۱..... ۱۳۱
- شکل ۴۶-۴. نتایج کار Miguel برای مورد مطالعاتی ۲..... ۱۳۲
- شکل ۴۷-۴. نتایج کار حاضر برای مورد مطالعاتی ۲..... ۱۳۳
- شکل ۴۸-۴. دیاگرام مقدار تابع هدف نسبت به iteration ها مورد مطالعاتی ۲..... ۱۳۴
- شکل ۴۹-۴. نتایج کار Miguel برای مورد مطالعاتی ۳..... ۱۳۵
- شکل ۵۰-۴. نتایج کار حاضر برای مورد مطالعاتی ۳..... ۱۳۵
- شکل ۵۱-۴. دیاگرام مقدار تابع هدف نسبت به iteration ها برای مورد مطالعاتی ۳..... ۱۳۶
- شکل ۵۲-۴. نتایج کار Miguel برای مورد مطالعاتی ۴..... ۱۳۷
- شکل ۵۳-۴. نتایج کار حاضر برای مورد مطالعاتی ۴..... ۱۳۸
- شکل ۵۴-۴. دیاگرام مقدار تابع هدف نسبت به iteration ها مورد مطالعاتی ۴..... ۱۳۹

- شکل ۴-۵۵. نتایج کار Miguel برای مورد مطالعاتی ۵..... ۱۴۰
- شکل ۴-۵۶. نتایج کار حاضر برای مورد مطالعاتی ۵..... ۱۴۰
- شکل ۴-۵۷. دیاگرام مقدار تابع هدف نسبت به iteration ها در مورد مطالعاتی ۵..... ۱۴۱
- شکل ۴-۵۸. الگوریتم کامل ارائه شده جهت ایجاد یکپارچه سازی های حرارتی، محاسبه هزینه های اولیه برچها و مبدلها و در نهایت محاسبه هزینه های کلی سالانه TAC..... ۱۴۵
- شکل ۴-۵۹. هزینه های یوتیلیتی ها به صورت تابعی بر حسب دما..... ۱۴۶
- شکل ۴-۶۰. چیدمان حالت بهینه اولیه واحد اولفین (حالت مینا)..... ۱۴۸
- شکل ۴-۶۱. نتیجه حاصل از طراحی چیدمان یکپارچه حرارتی به روش IHSA..... ۱۵۰
- شکل ۴-۶۲. دیاگرام مقدار تابع هدف نسبت به iteration ها به روش IHSA برای مورد مطالعاتی اولفین..... ۱۵۱
- شکل ۴-۶۳. نتیجه حاصل از طراحی چیدمان یکپارچه حرارتی به روش GA..... ۱۵۱
- شکل ۴-۶۴. دیاگرام مقدار تابع هدف نسبت به Generation ها به روش GA برای مورد مطالعاتی اولفین..... ۱۵۲
- شکل ۵-۱. چیدمان Distributed(C1&C3-R2)..... ۱۵۵
- شکل ۵-۲. چیدمان Indirect(C1&C2-R3)(1X2&2X3)..... ۱۵۷
- شکل ۵-۳. نمایش روش کار الگوریتم ارائه شده برای محاسبه دماها و انتقال حرارتها مابین برچها ۱۶۰
- شکل ۵-۴. نتیجه حاصل از طراحی چیدمان یکپارچه حرارتی به روش IHSA..... ۱۶۲

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲. محاسبه دمای نقطه حباب و شبنم با استفاده از کدهای توسعه داده شده در تحقیق حاضر و مقایسه با نتایج حاصل از نرم افزار تجاری HYSYS.....	۱۵
جدول ۲-۲. تعداد ترتیب بندی های ممکن پالایش با برج های ساده.....	۳۸
جدول ۲-۳. پارامتر های الگوریتم ژنتیک.....	۵۴
جدول ۱-۴. مشخصات جریان ورودی به فرایند و گروه محصولات.....	۷۲
جدول ۲-۴. هزینه های یوتیلیتی.....	۷۲
جدول ۳-۴. نتایج حاصل از طراحی و بهینه سازی چیدمان ها.....	۷۳
جدول ۴-۴. نتایج حاصل از طراحی و بهینه سازی چیدمان ها.....	۹۴
جدول ۴-۵. مقایسه چیدمانهای یکپارچه حرارتی شده از نظر بهینه سازی میزان TAC و شاخص های کنترل پذیری.....	۱۱۸
جدول ۴-۶. داده های موارد مطالعاتی ۱، ۲ و ۳.....	۱۲۹
جدول ۴-۷. مقایسه نتایج کار Miguel و کار حاضر برای مورد مطالعاتی ۱.....	۱۳۱
جدول ۴-۸. مقایسه نتایج کار Miguel و کار حاضر برای مورد مطالعاتی ۲.....	۱۳۳
جدول ۴-۹. مقایسه نتایج کار حاضر و کار قبلی برای مورد مطالعاتی ۳.....	۱۳۶
جدول ۴-۱۰. داده های مورد مطالعاتی ۴.....	۱۳۷
جدول ۴-۱۱. مقایسه کار Miguel و کار حاضر برای مورد مطالعاتی ۴.....	۱۳۸
جدول ۴-۱۲. داده های مورد مطالعاتی ۵.....	۱۳۹
جدول ۴-۱۳. مقایسه نتایج کار حاضر و کار Miguel برای مورد مطالعاتی ۵.....	۱۴۱
جدول ۴-۱۴. مشخصات جریان ورودی به فرایند و گروه محصولات.....	۱۴۷
جدول ۴-۱۵. داده ها و نتایج حاصل از طراحی و بهینه سازی چیدمان اولیه بدون یکپارچه سازی حرارتی (حالت مبنا).....	۱۴۸

جدول ۴-۱۶. مقایسه روش GA و IHSA.....	۱۵۰
جدول ۴-۱۷. داده ها و نتایج حاصل از طراحی چیدمان یکپارچه حرارتی به روش IHSA.....	۱۵۲
جدول ۴-۱۸. داده ها و نتایج حاصل از طراحی چیدمان یکپارچه حرارتی به روش GA.....	۱۵۳
جدول ۵-۱. مقایسه چیدمانهای یکپارچه حرارتی شده از نظر بهینه سازی میزان TAC و شاخص	
های کنترل پذیری.....	۱۵۸

فهرست اعلام

میزان بار حرارتی	Q
نرخ تبادل حرارت	\dot{Q}
کار	W
توان	\dot{W}
آنتالپی مخلوط	H
آنتالپی بر واحد جرم یا مول، ضریب انتقال حرارت	h
فشار	p
دما	T
ظرفیت گرمایی ویژه فشار ثابت	C_p
نرخ ظرفیت گرمایی	CP
ضریب تراکم پذیری	Z
حداقل اختلاف دمای محدود	ΔT_{min}
اختلاف دمای لگاریتمی	ΔT_{LM}
شدت جریان بخار در بالای برج	V
شدت جریان بخار در پایین برج	\bar{V}
دبی محصول بالایی برج	D
دبی مولی اجزاء در محصول بالایی برج	d
مقدار جزء سبک در محصول بالای برج	d_l
مقدار جزء سنگین در محصول بالای برج	d_h
دبی محصول پایینی برج	B
دبی مولی اجزاء در محصول پایینی برج	b
مقدار جزء سبک در محصول پایینی بر	b_l
مقدار جزء سنگین در محصول پایینی برج	b_h
دبی خوراک	F
دبی مولی اجزاء در خوراک	f
جزء مولی اجزاء در مایع	x