۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی مکانیک

رساله دکتری

گرایش تبدیل انرژی

بهینه‌سازی یک سیستم میکرو *CCHP* هیبریدی (بر پایه انرژی خورشیدی) در اقلیم‌های مختلف آب و هوایی ایران

نگارش:

مسعود ابراهیمی

استاد راهنما:

دکتر علی کشاورز

۲۵ شهریور ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

ت

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**تأییدیه هیأت داوران**	**شماره:** **تاریخ:**

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان :
"بهینه‌سازی یک سیستم میکرو $CCHP$ هیبریدی (بر پایه انرژی خورشیدی) در اقلیم های مختلف آب و هوایی ایران"
توسط **مسعود ابراهیمی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه **دکتری**
رشته **مهندسی مکانیک – تبدیل انرژی** در تاریخ **۹۲/۶/۲۵** مورد تأیید قرار دادند.

۱- استاد راهنما	جناب آقای دکتر علی کشاورز	امضاء
۲- استاد ممتحن	جناب آقای دکتر صفار اول	امضاء
۳- استاد ممتحن	جناب آقای دکتر شکوهمند	امضاء
٤- استاد ممتحن	جناب آقای دکتر ضیاء بشر حق	امضاء
٥- استاد ممتحن	جناب آقای دکتر شاه نظری	امضاء
٦- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	جناب آقای دکتر شرعیات	امضاء

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**اظهار نامه دانشجو**	**شماره:** **تاریخ:**

اینجانب **مسعود ابراهیمی** دانشجوی دکتری رشته **مهندسی مکانیک** تبدیل انرژی دانشکده **مهندسی مکانیک** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان:

"بهینه‌سازی یک سیستم میکرو ***CCHP*** هیبریدی (بر پایه انرژی خورشیدی) در اقلیم های مختلف آب و هوایی ایران"

با راهنمایی استاد محترم **جناب آقای دکترعلی کشاورز** توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو: **تاریخ:**

حق طبع، نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده و استاد/اساتید راهنمای آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا استاد/اساتید راهنما یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

۳- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

اولین و بهترین پشتیبان ها و معلم های زندگیم

تقدیر و تشکر بی نهایت از:

استاد اخلاق و علم خویش جناب آقای دکتر کشاورز که با شخصیت والای علمی و انسانی خویش همواره برای اینجانب راهگشا و راهنما بوده اند.

چکیده:

هدف این رساله، بهینه‌سازی سیستم *CCHP* با منبع انرژی هیبریدی جهت استفاده در یک ساختمان مسکونی اقلیمهای آب و هوایی ایران می‌باشد. پس از محاسبه بارهای ساختمان در ۵ اقلیم، موتور احتراق داخلی بعنوان محرک اصلی با استفاده از دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و *GIA*[1] انتخاب شد. روش تعیین ظرفیت چندمعیاره در این رساله معرفی شده است و نتایج آن با روشهای مرسوم دیگر مقایسه و تحلیل شده است. اگر قیمت سوخت و برق بصورت کنونی فرض شود، *CCHP* غیرخورشیدی فقط در اقلیم کرمان اقتصادی می‌باشد، اما اگر متوسط قیمت جهانی سوخت و برق در نظر گرفته شود، *CCHP* غیرخورشیدی در همه اقلیمها بصرفه خواهد بود. متوسط سالیانه صرفه‌جویی در مصرف سوخت برای *CCHP* پایه در ۵ اقلیم از حدود ۲۶٪ تا ۳۳٪ تغییر می‌کند. در *CCHP* هیبریدی، بهترین موقعیت قرارگیری کلکتور خورشیدی جهت کسب بیشترین مقدار حرارت در سال برای ۵ اقلیم محاسبه شده و اندازه بهینه کلکتور نیز با روش تعیین ظرفیت چندمعیاره تعیین شده است. سیستم *CCHP* خورشیدی براساس قیمت سوخت و برق داخل کشور در هیچ اقلیمی مزیت اقتصادی ایجاد نمی‌کند. استفاده از موتور در بار نامی و ترکیب سیستم آبگرم مصرفی با *CCHP* باعث کاهش مصرف انرژی و هزینه اولیه می‌شود.

کلمات کلیدی: *CCHP*، اقلیم، گرمایش خورشیدی، ایران

[1] *Grey incidence approach*

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست شکلها و جداول ..... **ش**

فهرست علائم و اختصارات ..... **ک**

فصل ۱- مقدمه: **۱**

۱-۱- پیشینه تحقیق (۲۰۰۲-۲۰۱۳) **٤**

۱-۱-۱- مرور تحقیقات سال ۲۰۰۲: ٤

۱-۱-۲- مرور تحقیقات سال ۲۰۰۳: ٤

۱-۱-۳- مرور تحقیقات سال ۲۰۰٤: ٥

۱-۱-٤- مرور تحقیقات سال ۲۰۰٥: ٦

۱-۱-٥- مرور تحقیقات سال ۲۰۰٦: ٦

۱-۱-٦- مرور تحقیقات سال ۲۰۰۷: ۷

۱-۱-۷- مرور تحقیقات سال ۲۰۰۸: ۹

۱-۱-۸- مرور تحقیقات سال ۲۰۰۹: ۱۱

۱-۱-۹- مرور تحقیقات سال ۲۰۱۰: ۱٤

۱-۱-۱۰- مرور تحقیقات سال ۲۰۱۱: ۱۹

۱-۱-۱۱- مرور تحقیقات سال ۲۰۱۲: ۲۱

۱-۲- تحلیل پیشینه و تعریف مسئله: **۲۳**

۱-۲-۱- نقاط ضعف تحقیقات انجام شده: ۲٤

فصل ۲- معیارهای طراحی چرخه *CCHP* **۲۸**

۲-۱- زیر معیارهای تکنولوژیکی: ۲۸

۲-۱-۱- نسبت صرفه جویی در مصرف سوخت: *۲۸*

۲-۱-۲- بازدهی کلی: *۲۹*

۲-۱-۳- بازدهی اکسرژی: *۲۹*

۲-۱-٤- نسبت توان به حرارت: *۳۰*

۲-۱-٥- عملکرد در بار جزئی محرک اصلی (OPL): *۳۰*

۲-۱-٦- سادگی کنترل و تنظیمات (UFCR): *۳۰*

۲-۱-۷- پختگی تکنولوژی (Maturity): *۳۱*

۲-۲- زیر معیارهای اقتصادی: ۳۱

۲-۲-۱- *هزینه سرمایه گذاری اولیه (I):* ۳۱

۲-۲-۲- *هزینه تعمیرات و نگهداری (IOM):* ۳۱

۲-۲-۳- *دوره بازگشت سرمایه (PB):* ۳۲

۲-۲-٤- *ارزش حال خالص (NPV):* ۳۲

۲-۲-٥- *نرخ بازگشت داخلی (IRR):* ۳۳

۲-۳- زیر معیارهای زیست محیطی: ۳۳

۲-۳-۱- *نویز:* ۳۳

۲-۳-۲- *میزان تولید آلودگیهای هوا:* ۳۳

۲-٤- زیر معیارهای متفرقه: ۳٤

۲-٤-۱- *محدودیت های صادرات و واردات (IEL):* ۳٤

۲-٤-۲- *راحتی تعمیرات در ایران (EMI):* ۳٤

۲-٤-۳- *میزان زیربنای نصب (Footprint):* ۳٤

۲-٤-٤- *طول عمر محرک اصلی (Life time):* ۳٤

فصل ۳- اقلیمها و بارهای ساختمان: **۳٥**

۳-۱- تقسیم بندی تابستانی اقلیم: ۳٥

۳-۲- تقسیم بندی زمستانی اقلیم: ۳٥

۳-۳- تقسیم بندی کلی اقلیم تابستانی- زمستانی: ۳٦

۳-٤- اطلاعات و محاسبات هواشناسی در شهرهای نمونه پنج اقلیم کشور: ۳٦

۳-٥- محاسبه بارهای ساختمان نمونه در پنج اقلیم: ٤٤

فصل ٤- انتخاب نوع محرک اصلی **٥۰**

٤-۱- روشهای تصمیم گیری چندمعیاره (*MCDM*) : ٥۱

٤-۲- فرمولاسیون *FA* و *GIA*: ٥۲

٤-۲-۱- *کمی سازی معیارهای کیفی:* ٥۲

٤-۲-۲- *ایجاد ماتریس قضاوت:* ٥۳

٤-۲-۳- *نرمالایز کردن ماتریس قضاوت:* ٥٤

٤-۲-٤- *محاسبه ماتریس وزن نرمالایز شده:* ٥٦

٤-۲-٥- *یافتن حلهای ایده آل و ضدایده آل برای هر معیار :* ٥۹

٤-۲-٦- *یافتن مقدار فاصله وزن دهی شده از حالتهای ایده آل و ضدایده آل:* ٥۹

٤-۲-۷- *محاسبه معیار تصمیم گیری:* ٦۰

٤-۳- نتایج *MCDM*: ٦۰

فصل ٥- طراحی اندازه اجزای سیستم *CCHP* خانگی: **٦٦**

۵-۱- روشهای تعیین ظرفیت محرک اصلی: ۶۶

۵-۱-۱- *روش MRM کلاسیک:* ۶۶

۵-۱-۲- *روش MRM توسعه یافته:* ۶۸

۵-۱-۳- *تعیین ظرفیت بر اساس استراتژی مدیریت انرژی:* ۷۰

۵-۱-۴- *روشهای تعیین ظرفیت چند معیاره مرسوم(تابع سلامتی):* ۷۱

۵-۱-۵- *تعیین ظرفیت بر اساس روش MCSM:* ۷۲

۵-۲- محاسبه معیارها و زیرمعیارهای روش *MCSM:* ۷۳

۵-۲-۱- *محاسبه معیارهای ترمودینامیکی:* ۷۴

۵-۲-۲- *محاسبه معیارهای اقتصادی:* ۷۷

۵-۲-۳- *محاسبه معیارهای زیست محیطی:* ۷۹

۵-۲-۴- *محاسبه* E_{opt}^{ij} *:* ۷۹

۵-۲-۵- *تعیین وزن نرمالایز شده معیارها و زیرمعیارها:* ۸۰

۵-۲-۶- *محاسبه اندازه نهایی(* E_{nom}^{MCSM} *):* ۸۰

۵-۳- مدلسازی سیستم خورشیدی: ۸۱

۵-۳-۱- *زاویه های خورشید:* ۸۱

۵-۳-۲- *محاسبه تشعشع دریافتی از سیستم خورشیدی:* ۸۴

۵-۳-۳- *استراتژی طراحی مساحت کلکتور برای سیستم CCHP هیبریدی:* ۸۹

۵-۴- نتایج تعیین ظرفیت: ۹۱

۵-۴-۱- *نتایج تعیین ظرفیت براساس روش ماکزیمم مربع و استراتژیهای مدیریت انرژی:* ۹۱

۵-۴-۲- *تعیین ظرفیت براساس روش MCSM بدون استفاده از سیستم خورشیدی:* ۹۱

۵-۴-۳- *محاسبات سیستم خورشیدی در پنج اقلیم:* ۱۰۳

۵-۴-۴- *تعیین ظرفیت براساس روش MCSM پس از استفاده از سیستم گرمایش خورشیدی:* ۱۰۸

۵-۴-۵- *بررسی تاثیر مقدار تخفیف در تعرفه گاز بر پارامترهای اقتصادی CCHP.* ۱۲۴

۵-۴-۶- *بررسی تاثیر قیمت برق فروخته شده به شبکه بر معیارهای اقتصادی:* ۱۲۵

۵-۴-۷- *بررسی تاثیر OPL موتور بر معیارهای اقتصادی و مصرف سوخت:* ۱۲۷

۵-۴-۸- *بررسی تاثیر تغییرات r بر معیارهای اقتصادی:* ۱۳۰

۵-۴-۹- *آنالیز حساسیت به قیمت دلار:* ۱۳۱

۵-۴-۱۰- *بررسی اثر اقدامات موازی:* ۱۳۲

۵-۴-۱۱- *تحلیل اقتصادی براساس دلار و قیمت جهانی (FOB) انرژی* ۱۳۴

۵-۵- نتیجه گیری و پیشنهادات: ۱۳۷

پیوست الف: ۱۴۱

پیوست ب: ۱۴۴

اطلاعات فنی ورودی به نرم افزار: ۱٤٤
اطلاعات زیست محیطی ورودی به نرم افزار : ۱٤٤
اطلاعات اقتصادی ورودی به نرم افزار: ۱٤٤
لیست مقالات چاپ شده: ۱۵۲
فهرست منابع: ۱۵۳
واژه نامه فارسی به انگلیسی: ۱۵۹
واژه نامه انگلیسی به فارسی : ۱٦۱
ABSTRACT: **۱٦۳**

فهرست شکل‌ها و جداول

عنوان صفحه

شکل (۱): شماتیک کلی یک سیستم *CCHP* مرسوم ۲

شکل (۱-۱) منحنی بار گرمایشی نرمالایز شده سالیانه بر حسب تعداد ساعات *[٤]* ۵

شکل (۱-۲) شماتیک *CCHP* با موتور استرلینگ *[۵]* ۵

شکل (۱-۳) شماتیک سیستم *CCHP* مورد استفاده منبع *[١٤]* ۸

شکل (۱-٤) شماتیک چرخه *CCHP* تحلیل شده در منبع *[١٧]* ۹

شکل (۱-۵): سیستم *CCHP* پیشنهاد شده توسط *[٥٤]* ۱۸

جدول (۳-۱): اقلیمها در تقسیم بندی تابستانی ۳۵

جدول (۳-۲): اقلیمها در تقسیم بندی زمستانی ۳٦

جدول (۳-۳): تقسیم بندی کلی تابستانی-زمستانی اقلیمی در ایران ۳٦

شکل (۳-۱): دمای حباب خشک متوسط در طول پنج سال متوالی برای شهر کرمان ۳۷

شکل (۳-۲): رطوبت نسبی متوسط در طول پنج سال متوالی برای شهر کرمان ۳۷

شکل (۳-۳): متوسط پنج سالانه دمای حباب خشک شهر کرمان ۳۷

شکل (۳-٤): متوسط پنج سالانه رطوبت نسبی شهر کرمان ۳۷

شکل (۳-۵): دمای حباب مرطوب کرمان براساس متوسط پنج سالانه دمای حباب خشک و رطوبت نسبی ۳۸

شکل (۳-٦): دمای حباب خشک متوسط در طول پنج سال متوالی برای شهر اهواز ۳۸

شکل (۳-۷): رطوبت نسبی متوسط در طول پنج سال متوالی برای شهر اهواز ۳۸

شکل (۳-۸): متوسط پنج سالانه دمای حباب خشک شهر اهواز ۳۸

شکل (۳-۹): متوسط پنج سالانه رطوبت نسبی شهر اهواز ۳۹

شکل (۳-۱۰): دمای حباب مرطوب براساس متوسط پنج سالانه دمای حباب خشک و رطوبت نسبی اهواز ۳۹

شکل (۳-۱۱): دمای حباب خشک متوسط در طول پنج سال متوالی برای شهر چابهار ۳۹

شکل (۳-۱۲): رطوبت نسبی متوسط در طول پنج سال متوالی برای شهر چابهار ۳۹

شکل (۳-۱۳): متوسط پنج سالانه دمای حباب خشک شهر چابهار ٤۰

شکل (۳-۱٤): متوسط پنج سالانه رطوبت نسبی شهر چابهار..... ٤٠
شکل (۳-۱۵): دمای حباب مرطوب براساس متوسط پنج سالانه دمای حباب خشک و رطوبت نسبی چابهار..... ٤٠
شکل (۳-۱٦): دمای حباب خشک متوسط در طول پنج سال متوالی برای شهر کامیاران..... ٤٠
شکل (۳-۱۷): رطوبت نسبی متوسط در طول پنج سال متوالی برای شهر کامیاران..... ٤١
شکل (۳-۱۸): متوسط پنج سالانه دمای حباب خشک شهر کامیاران..... ٤١
شکل (۳-۱۹): متوسط پنج سالانه رطوبت نسبی شهر کامیاران..... ٤١
شکل (۳-۲۰): دمای حباب مرطوب براساس متوسط پنج سالانه دمای حباب خشک و رطوبت نسبی کامیاران..... ٤١
شکل (۳-۲۱): دمای حباب خشک متوسط در طول پنج سال متوالی برای شهر بندرانزالی..... ٤٢
شکل (۳-۲۲): رطوبت نسبی متوسط در طول پنج سال متوالی برای شهر بندرانزالی..... ٤٢
شکل (۳-۲۳): متوسط پنج سالانه دمای حباب خشک شهر بندرانزالی..... ٤٢
شکل (۳-۲٤): متوسط پنج سالانه رطوبت نسبی شهر بندرانزالی..... ٤٢
شکل (۳-۲۵): دمای حباب مرطوب براساس متوسط پنج سالانه T_{DB} و RH شهر بندرانزالی..... ٤٣
جدول (۳-۱): بیشترین مقدار نرخ آبگرم مصرفی برای هر مصرف کننده..... ٤٥
شکل (۳-۲٦): مقایسه متوسط نفر مصرف برق در پنج اقلیم با متوسط مصرف کشور(توانیر) و منبع *[۹۸]*..... ٤٥
شکل (۳-۲۷): بارهای الکتریکی، گرمایشی، سرمایشی و آبگرم مصرفی در طول سال برای شهر کرمان..... ٤٦
شکل (۳-۲۸): بارهای الکتریکی، گرمایشی، سرمایشی و آبگرم مصرفی در طول سال برای شهر اهواز..... ٤٦
شکل (۳-۲۹): بارهای الکتریکی، گرمایشی، سرمایشی و آبگرم مصرفی در طول سال برای شهر چابهار..... ٤٦
شکل (۳-۳۰): بارهای الکتریکی، گرمایشی، سرمایشی و آبگرم مصرفی در طول سال برای شهر بندرانزلی..... ٤٦
شکل (۳-۳۱): بارهای الکتریکی، گرمایشی، سرمایشی و آبگرم مصرفی در طول سال برای شهر کامیاران..... ٤٧
جدول (۳-۲): مشخصه بیشینه بار سرمایشی و گرمایشی و تعداد ماههای گرمایش یا سرمایش..... ٤٧
شکل (۳-۳۲): منحنی *ATD* برای پنج شهر نمونه در طول سال..... ٤٨
شکل (۳-۳۳): مقادیر متوسط سالانه *PHR*، *EDEM* و *ATD* برای پنج شهر نمونه..... ٤٨
شکل (۳-۳٤): حساسیت توزیع مرتب شده بارهای گرمایشی و سرمایشی سالیانه به ۵٪ ± تغییرات $T_{DB,MAX}$..... ٤٨
شکل (۳-۳۵): حساسیت توزیع مرتب شده بارهای گرمایشی و سرمایشی سالیانه به ۵٪ ± تغییرات $T_{DB,MIN}$..... ٤٨
شکل (۳-۳٦): حساسیت توزیع مرتب شده بارهای گرمایشی و سرمایشی سالیانه به ۵٪ ± تغییرات $T_{WB,MAX}$..... ٤٩

شکل (۳-۳۷): حساسیت توزیع مرتب شده بارهای گرمایشی و سرمایشی سالیانه به ٪۵ ± تغییرات $T_{WB,MIN}$ ٤٩

شکل (۳-۳۸): تغییرات مجموع بارهای گرمایشی و سرمایشی سالیانه با ٪۵ ± تغییرات T_{DB} و T_{WB} ٤٩

شکل (٤-۱) : مقیاس تبدیل کیفیت به کمیت در روش ***GIA*** ٥٣

جدول (٤-۱): ماتریس قضاوت براساس روشهای ***FA*** و ***GIA*** ٥٤

جدول (٤-۲ الف): ماتریس قضاوت نرمالایز شده براساس روش ***FA*** ٥٥

جدول (٤-۲ ب): ماتریس قضاوت نرمالایز شده براساس روش ***GIA*** ٥٥

جدول (٤-۳): ماتریس قیاس دوگانه براساس روشهای ***FA*** و ***GIA*** ٥٦

جدول (٤-٤): ماتریس قیاس دوگانه معیارها و زیرمعیارها ٥٧

شکل (٤-۲) : استقلال نتایج تصمیم گیری از تغییرات پارامتر ξ ٦١

شکل (٤-۳) : استقلال نتایج تصمیم گیری از تغییرات پارامتر μ ٦١

شکل (٤-٤) : تاثیر تغییرات μ بر مقادیر λ_1 و λ_2 ..... ٦١

شکل (٤-٥) : وزن معیارهای اصلی با استفاده از روش فازی ٦٣

شکل (٤-٦) : مولفه های وزن زیرمعیارها با استفاده از روش فازی ٦٣

جدول (٤-٥): وزن تمام معیارها و زیرمعیارها براساس روشهای ***AHP***، ***EIM*** و روش ترکیبی در ۵ اقلیم ٦٤

جدول (٤-٦): انتخاب محرک اصلی براساس تصمیم گیری یک و چند معیاره در ۵ اقلیم با دو روش ***FA*** و ***GIA*** ٦٥

شکل (٥-۱) : منحنی بار ***ATD*** و شماتیک روش تعیین ظرفیت ***MRM*** ٦٧

شکل (٥-۲): منحنی مساحت مستطیل روش ***MRM*** بر حسب درصد زمان طول سال ٦٧

شکل (٥-۳): منحنی مساحت مستطیل روش ***MRM*** بر حسب مقدار ***ATD*** ٦٨

شکل (٥-٤): روشهای طراحی عمودی و افقی در ***MRM*** توسعه یافته ٦٩

شکل (٥-٥): شماتیک طراحی با آنالیز سطح بالا در ***MRM*** توسعه یافته ٧٠

شکل (٥-٦): نمودار شماتیک تجهیزات اصلی سیستمهای ***CCHP*** و ***CSP*** ٧٣

جدول (٥-۱): ماتریس قیاس دوگانه زیرمعیارهای اقتصادی ٨٠

شکل (٥-۷): نمایش زاویه انحراف و زاویه شیب خورشیدی ٨١

شکل (٥-۸): موقعیت خورشید نسبت به یک ناظر مستقر در در نقطه ***O*** بر روی زمین ***[٩٤]*** ٨٢

شکل (٥-۹): نحوه قرارگیری کلکتور و مشخصات هندسی موقعیت آن ***[٩٤]*** ٨٣

جدول (۵-۲): مقادیر تشعشع ظاهری **A** ماوراء عالم خاکی (بیرون اتمسفر)، **B** ضریب خاموشی *[۹٤]*.....۸٤

شکل (۵-۱۰): اجزای اصلی یک کلکتور تخت*[۹٤]*.....۸٦

جدول (۵-۳): مقادیر τ و α برای زاویه های برخورد متفاوت از ۰ تا ۹۰ درجه *[۹٤]*.....۸۷

شکل (۵-۱۱): مقادیر τ و $\alpha\tau$ برای زاویه های برخورد متفاوت از ۰ تا ۹۰ درجه *[۹٤]*.....۸۷

شکل (۵-۱۲): ضریب تلفات گرمایشی به سمت بالا بر حسب دمای محیط و دمای متوسط کلکتور تخت *[۹٤]*.....۸۸

شکل (۵-۱۳): منحنی **ATD** برحسب طول سال برای پنج شهر نمونه.....۹۱

شکل (۵-۱٤): منحنی A_{MRM} بر حسب طول سال برای پنج شهر نمونه جهت محاسبه $A_{MRM,MAX}$ و $E_{NOM,MRM}$.....۹۱

شکل (۵-۱۵): **FESR** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت **INTG-DHW**، **R=20%**.....۹٤

شکل (۵-۱٦): **EXIR** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت **INTG-DHW**، **R=20%**.....۹٤

شکل (۵-۱۷): **CORR** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت **INTG-DHW**، **R=20%**.....۹٤

شکل (۵-۱۸): **CO2RR** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت **INTG-DHW**، **R=20%**.....۹٤

شکل (۵-۱۹): **NOXRR** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت **INTG-DHW**، **R=20%**.....۹۵

شکل (۵-۲۰): **NPV** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت **INTG-DHW**، **R=20%**.....۹۵

شکل (۵-۲۱): **IRR** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت **INTG-DHW**، **R=20%**.....۹۵

شکل (۵-۲۲): **PB** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت **INTG-DHW**، **R=20%**.....۹۵

شکل (۵-۲۳): **I** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت **INTG-DHW**، **R=20%**.....۹٦

شکل (۵-۲٤): اندازه بویلر کمکی بر حسب اندازه محرک اصلی، دلار مبنا و حالت **INTG-DHW**، **R=20%**.....۹٦

جدول (۵-٤): وزن معیارها و زیر معیارها براساس روش **AHP**.....۹٦

جدول (۵-۵): اندازه موتور براساس هر زیرمعیار و اندازه آن براساس **MCSM** برای دلار مبنا و **R=20%**.....۹۷

جدول (۵-٦الف): مقدار هر زیر معیار در اندازه نهایی موتور براساس **MCSM** برای دلار مبنا و **R=20%**.....۹۸

جدول (۵-٦ب) : مقدار Δ^{MCSM} در اقلیمهای مختلف جهت تعیین نوع سیستم آبگرم مصرفی ۹۹

شکل (۵-۲۵): مقایسه اندازه محرک اصلی پیشنهادی در روش **MCSM** با **MRM** ، **FTL**، **FEL**، **FSL** و **FITNESS FUNCTION**.....۱۰۰

شکل (۵-۲٦): ساعت طلوع خورشید برای پنج شهر نمونه در طول سال.....۱۰٤

شکل (۵-۲۷): ساعت غروب خورشید برای پنج شهر نمونه در طول سال ۱۰٤

شکل (۵-۲۸ الف): حرارت دریافتی خورشیدی در ساعت ۱۲ ظهر از روز ۲۱م سه ماهه اول سال میلادی در زاویه های مختلف کلکتور در اهواز در جهت جنوب غربی برای شیشه دوجداره ۱۰٤

شکل (۵-۲۸ب): حرارت دریافتی خورشیدی در ساعت ۱۲ ظهر از روز ۲۱م سه ماهه دوم سال میلادی در زاویه های مختلف کلکتور در اهواز در جهت جنوب غربی برای شیشه دوجداره ۱۰۵

شکل (۵-۲۸ج): حرارت دریافتی خورشیدی در ساعت ۱۲ ظهر از روز ۲۱م سه ماهه سوم سال میلادی در زاویه های مختلف کلکتور در اهواز در جهت جنوب غربی برای شیشه دوجداره ۱۰۵

شکل (۵-۲۸د): حرارت دریافتی خورشیدی در ساعت ۱۲ ظهر از روز ۲۱م سه ماهه چهارم سال میلادی در زاویه های مختلف کلکتور در اهواز در جهت جنوب غربی برای شیشه دوجداره ۱۰۵

شکل (۵-۲۹الف): متوسط سالانه حرارت دریافتی خورشیدی در زاویه های مختلف کلکتور در جهت جنوب غربی در اهواز ، شیشه دوجداره ۱۰٦

شکل (۵-۲۹ب): متوسط سالانه حرارت دریافتی خورشیدی در زاویه های مختلف کلکتور در جهت جنوب غربی در بندرانزلی ، شیشه دوجداره ۱۰٦

شکل (۵-۲۹ج): متوسط سالانه حرارت دریافتی خورشیدی در زاویه های مختلف کلکتور در جهت جنوب غربی در چابهار ، شیشه دوجداره ۱۰٦

شکل (۵-۲۹د): متوسط سالانه حرارت دریافتی خورشیدی در زاویه های مختلف کلکتور در جهت جنوب غربی در کامیاران ، شیشه دوجداره ۱۰۷

شکل (۵-۲۹ذ): متوسط سالانه حرارت دریافتی خورشیدی در زاویه های مختلف کلکتور در جهت جنوب غربی در کرمان، شیشه دوجداره ۱۰۷

جدول (۵-۷): زاویه بهینه قرارگیری کلکتورهای یک و دو جداره و بیشینه متوسط سالیانه حرارت دریافتی *(W/M^2)* کلکتور در پنج اقلیم ۱۰۷

شکل (۵-۳۰): مساحت کلکتور در سه روش طراحی بر حسب اندازه موتور برای *INTG-DHW* در کرمان..... ۱۱۰

شکل (۵-۳۱): مساحت کلکتور در سه روش طراحی بر حسب اندازه موتور برای *INTG-DHW* در اهواز..... ۱۱۰

شکل (۵-۳۲): مساحت کلکتور در سه روش طراحی بر حسب اندازه موتور برای *INTG-DHW* در بندرانزلی..... ۱۱۰

شکل (۵-۳۳): مساحت کلکتور در سه روش طراحی بر حسب اندازه موتور برای *INTG-DHW* در چابهار..... ۱۱۰

شکل (۵-۳٤): مساحت کلکتور در سه روش طراحی بر حسب اندازه موتور برای *INTG-DHW* در کامیاران ۱۱۰

شکل (۵-۳۵): *FESR* بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و *INTG-DHW*، *R=20%* ، کرمان..... ۱۱۱

شکل (۵-۳٦): *FESR* بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و *INTG-DHW*، *R=20%* ، اهواز ۱۱۱

شکل (۵-۳۷): ***FESR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، بندرانزلی ۱۱۱

شکل (۵-۳۸): ***FESR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، چابهار ۱۱۱

شکل (۵-۳۹): ***FESR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کامیاران..... ۱۱۱

شکل (۵-٤۰): ***EXIR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کرمان ۱۱۲

شکل (۵-٤۱): ***EXIR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، اهواز..... ۱۱۲

شکل (۵-٤۲): ***EXIR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، بندرانزلی..... ۱۱۲

شکل (۵-٤۳): ***EXIR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، چابهار..... ۱۱۲

شکل (۵-٤٤): ***EXIR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کامیاران ۱۱۲

شکل (۵-٤۵): ***CORR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کرمان..... ۱۱۳

شکل (۵-٤٦): ***CORR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، اهواز ۱۱۳

شکل (۵-٤۷): ***CORR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، بندرانزلی ۱۱۳

شکل (۵-٤۸): ***CORR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، چابهار ۱۱۳

شکل (۵-٤۹): ***CORR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کامیاران..... ۱۱۳

شکل (۵-۵۰): ***CO2RR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کرمان..... ۱۱٤

شکل (۵-۵۱): ***CO2RR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، اهواز ۱۱٤

شکل (۵-۵۲): ***CO2RR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، بندرانزلی ۱۱٤

شکل (۵-۵۳): ***CO2RR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، چابهار ۱۱٤

شکل (۵-۵٤): ***CO2RR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کامیاران..... ۱۱٤

شکل (۵-۵۵): ***NOXRR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کرمان ۱۱۵

شکل (۵-۵٦): ***NOXRR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، اهواز ۱۱۵

شکل (۵-۵۷): ***NOXRR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، بندرانزلی ۱۱۵

شکل (۵-۵۸): ***NOXRR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، چابهار ۱۱۵

شکل (۵-۵۹): ***NOXRR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کامیاران..... ۱۱۵

شکل (۵-٦۰): ***NPV*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کرمان..... ۱۱٦

شکل (۵-٦۱): ***NPV*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، اهواز ۱۱٦

شکل (۵-٦۲): ***NPV*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، بندرانزلی ۱۱٦

شکل (۵-٦۳): ***NPV*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، چابهار ۱۱٦

شکل (۵-٦٤): ***NPV*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کامیاران..... ۱۱٦

شکل (۵-٦۵): ***IRR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کرمان ۱۱۷

شکل (۵-٦٦): ***IRR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، اهواز..... ۱۱۷

شکل (۵-٦۷): ***IRR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، بندرانزلی..... ۱۱۷

شکل (۵-٦۸): ***IRR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، چابهار..... ۱۱۷

شکل (۵-٦۹): ***IRR*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کامیاران ۱۱۷

شکل (۵-۷۰): ***PB*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کرمان..... ۱۱۸

شکل (۵-۷۱): ***PB*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، اهواز..... ۱۱۸

شکل (۵-۷۲): ***PB*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، بندرانزلی..... ۱۱۸

شکل (۵-۷۳): ***PB*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، چابهار..... ۱۱۸

شکل (۵-۷٤): ***PB*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کامیاران ۱۱۸

شکل (۵-۷۵): ***I*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کرمان..... ۱۱۹

شکل (۵-۷٦): ***I*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، اهواز..... ۱۱۹

شکل (۵-۷۷): ***I*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، بندرانزلی..... ۱۱۹

شکل (۵-۷۸): ***I*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، چابهار..... ۱۱۹

شکل (۵-۷۹): ***I*** بر حسب اندازه محرک اصلی برای دلار مبنا و حالت ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کامیاران..... ۱۱۹

شکل (۵-۸۰): اندازه بویلر کمکی بر حسب اندازه موتور برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کرمان..... ۱۲۰

شکل (۵-۸۱): اندازه بویلر کمکی بر حسب اندازه موتور برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، اهواز..... ۱۲۰

شکل (۵-۸۲): اندازه بویلر کمکی بر حسب اندازه موتور ،دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، بندرانزلی..... ۱۲۰

شکل (۵-۸۳): اندازه بویلر کمکی بر حسب اندازه موتور، دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، چابهار..... ۱۲۰

شکل (۵-۸٤): اندازه بویلر کمکی بر حسب اندازه موتور برای دلار مبنا و ***INTG-DHW***، ***R=20%*** ، کامیاران..... ۱۲۰

جدول (۵-۸): اندازه محرک اصلی پیشنهادی برای ***HYBRID-CCHP*** براساس هر زیر معیار و اندازه نهایی محرک اصلی براساس ***MCSM*** برای دلار مبنا، حالت ***INTG-DHW***، سه حالت طراحی کلکتور و ***R=20%*** ۱۲۱

جدول (۵-۹): اندازه محرک اصلی پیشنهادی برای ***SOLAR-CCHP*** براساس هر زیر معیار و اندازه نهایی محرک اصلی براساس ***MCSM*** برای دلار مبنا، حالت ***SPRT-DHW***، سه حالت طراحی کلکتور و ***R=20%*** ۱۲۱

جدول (۵-۱۰ الف): مقدار هر زیر معیار در اندازه نهایی محرک اصلی پیشنهاد شده برای ***SOLAR-CCHP*** با استفاده از روش ***MCSM*** برای دلار مبنا و حالت ***INTG-DHW***، سه حالت طراحی کلکتور و ***R=20%*** ۱۲۲

جدول (۵-۱۰ ب): قضاوت کلی در مورد استفاده یا عدم استفاده از کلکتور در ***CCHP*** و انتخاب روش بهتر طراحی کلکتور در هر اقلیم برای دلار مبنا و حالت ***INTG-DHW***، سه حالت طراحی کلکتور و ***R=20%*** ۱۲۲

جدول (۵- ۱۱ الف): مقدار هر زیر معیار در اندازه نهایی محرک اصلی پیشنهاد شده برای ***SOLAR-CCHP*** با استفاده از روش ***MCSM*** برای دلار مبنا و حالت ***SPRT-DHW***، سه حالت طراحی کلکتور و ***R=20%*** ۱۲۳

جدول (۵-۱۱ ب): قضاوت کلی در مورد استفاده یا عدم استفاده از کلکتور در ***CCHP*** و انتخاب روش بهتر طراحی کلکتور در هر اقلیم برای دلار مبنا و حالت ***SPRT-DHW***، سه حالت طراحی کلکتور و ***R=20%*** ۱۲۳

شکل (۵-۸۵): مقایسه مقدار ***NPV*** برای مقادیر مختلف تخفیف در تعرفه گاز در شهر اهواز ۱۲٤

شکل (۵-۸٦): مقایسه مقدار ***IRR*** برای مقادیر مختلف تخفیف در تعرفه گاز در شهر اهواز ۱۲۵

شکل (۵-۸۷): مقایسه مقدار ***PB*** برای مقادیر مختلف تخفیف در تعرفه گاز در شهر اهواز ۱۲۵

شکل (۵-۸۸): تاثیر تغییر تعرفه فروش برق ***CCHP*** به شبکه بر پارامتر ***NPV*** برای شهر اهواز ۱۲٦

شکل (۵-۸۹): تاثیر تغییر تعرفه فروش برق ***CCHP*** به شبکه بر پارامتر ***IRR*** برای شهر اهواز ۱۲۷

شکل (۵-۹۰): تاثیر تغییر تعرفه فروش برق ***CCHP*** به شبکه بر پارامتر ***PB*** برای شهر اهواز ۱۲۷

شکل (۵-۹۱): مقایسه مقدار ***NPV*** در دو حالت عملکرد در بار نامی (***FLO***) و بار جزئی (***PLO***) در ۵ اقلیم ۱۲۸

شکل (۵-۹۲): مقایسه مقدار ***IRR*** در دو حالت عملکرد در بار نامی (***FLO***) و بار جزئی (***PLO***) در ۵ اقلیم ۱۲۸

شکل (۵-۹۳): مقایسه مقدار ***PB*** در دو حالت عملکرد در بار نامی (***FLO***) و بار جزئی (***PLO***) در ۵ اقلیم ۱۲۹

شکل (۵-۹٤): مقایسه ***FESR*** در دو حالت عملکرد در بار نامی (***FLO***) و بار جزئی (***PLO***) در ۵ اقلیم ۱۲۹

شکل (۵-۹۵): ***FESR*** در دوحالت با و بدون کلکتور در ***PLO*** و ***INTG-DHW*** برای اهواز ۱۲۹

شکل (۵-۹٦): مقایسه مقدار ***NPV*** برای مقادیر مختلف ***R*** در شهر اهواز ۱۳۰

شکل (۵-۹۷): مقایسه مقدار ***IRR*** برای مقادیر مختلف ***R*** در شهر اهواز ۱۳۰

شکل (۵-۹۸): مقایسه مقدار ***PB*** برای مقادیر مختلف ***R*** در شهر اهواز ۱۳۱

شکل (۵-۹۹): مقایسه مقدار ***NPV*** برای مقادیر مختلف قیمت دلار در شهر اهواز ۱۳۱

شکل (۵-۱۰۰): مقایسه مقدار ***IRR*** برای مقادیر مختلف قیمت دلار در شهر اهواز ۱۳۲