برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با استفاده از الگوریتم HBMO

استاد راهنما

دکتر حسین شایقی

اساتید مشاور

دکتر سید جلال سید شنوا

مهندس امیر باقری

توسط

علی یوسفی قره‌تپه

دانشگاه محقق اردبیلی

دی ۱۳۹۰

برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با استفاده از الگوریتم HBMO

توسط

علی یوسفی قره‌تپه

پایان نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق قدرت

از

دانشگاه

محقق اردبیلی

اردبیل-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان‌نامه با درجه: .....

دکتر حسین شایقی(استاد راهنما)	دانشیار
دکتر سید جلال سید شنوا(استاد مشاور)	استادیار
مهندس امیر باقری(استاد مشاور)	مربی

دی ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر و مادر فداکار و مهربانم

سپاسگزاری

با سپاس فراوان از زحمات بی‌دریغ اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر شایقی، دکتر سید شنوا و مهندس باقری که بدون رهنمودهای ایشان انجام این پایان‌نامه میسر نبود.

همچنین از زحمات اساتید محترم جناب آقای دکتر عادل اکبری مجد، دکتر خلیل ولی‌پور و دکتر جواد جاویدان، که در تمام مراحل از زحمت‌های بی‌دریغشان من را یاری فرمودند، نهایت تشکر و قدردانی دارم.

در انتها از خانواده‌ام برای حمایت‌ها و دلسوزی‌های مستمرشان در تمام طول زندگیم، سپاسگزارم.

چکیده

از بخش‌های مهم برنامه‌ریزی توسعه سیستم قدرت، برنامه‌ریزی توسعه انتقال می‌باشد که امروزه با رشد فزاینده مصرف انرژی الکتریکی، نیاز بیشتری به مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی بهینه توسعه شبکه انتقال احساس می‌شود. لذا اهمیت بررسی نقش پارامترها و عوامل موثر بر آن بیش از پیش نمایان گشته است. از مهم‌ترین پارامترهایی می‌توان به معیار تلفات، عدم قطعیت در رشد بار و اثر بارگذاری خطوط اشاره نمود.

در این پایان‌نامه سه مطالعه برای برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال در نظر گرفته شده است. در مطالعه اول تلفات اهمی را همزمان با عدم قطعیت در رشد بار به عنوان یک تابع هدف در برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال در نظر گرفته و از مدل پخش بار مستقیم در سناریوهای مختلف برای بدست آوردن تلفات استفاده می‌شود. در مطالعه دوم شبکه پس از توسعه مورد بررسی قرار گرفته و برای هزینه سرمایه‌گذاری‌های متفاوت کفایت شبکه مورد بررسی قرار گرفته شده است و در مطالعه سوم اثر باندل خطوط مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. برای حل این مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال از الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل استفاده شده است. برای پیدا کردن پارامترهای کنترلی الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل، الگوریتم مورد نظر تحت شرایط مختلف و با مقادیر مختلف بر روی شبکه آذربایجان اعمال شده و مقادیر بهینه به دست آمده برای شبکه‌های ۶ باسه گارور و شبکه ۲۴ باسه استاندارد IEEE RTS نیز اعمال شده است. برای نشان دادن کارایی الگوریتم HBMO در حل مساله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال نتایج شبیه‌سازی با الگوریتم ژنتیک مقایسه شده است. نتایج بدست آمده برتری و دقت بالای الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم ژنتیک را در حل برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال نشان می‌دهد و همچنین نشان می‌دهد که الگوریتم HBMO هزینه تلفات را در حد قابل قبولی کاهش داد و شبکه توسعه داده شده دیرتر دچار اضافه بار می‌شود و کفایت شبکه را بالا می‌برد.

کلمات کلیدی:

الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل، تلفات، عدم قطعیت در رشد بار، بارگذاری خطوط انتقال، باندل کردن خطوط

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : کلیات و مفاهیم اساسی	
۱-۱ مقدمه	۲
۱-۲ طرح کلی پایان‌نامه	۳
فصل دوم : بیان و مروری بر تحقیقات گذشته برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال	
۲-۱ مقدمه	۶
۲-۲ بخشهای مختلف برنامه‌ریزی توسعه سیستم قدرت از دیدگاه تجهیزات اضافه شونده به شبکه	۶
۲-۲-۱ برنامه‌ریزی توسعه تولید	۷
۲-۲-۲ برنامه‌ریزی توسعه پستها	۷
۲-۲-۳ برنامه‌ریزی توسعه خطوط	۹
۲-۳ روش‌های بهینه‌سازی ریاضی	۱۰
۲-۳-۱ برنامه‌ریزی خطی	۱۱
۲-۳-۲ برنامه‌ریزی غیرخطی	۱۱
۲-۳-۳ روش برنامه‌ریزی دینامیکی	۱۱

۲-۳-۴ روش برنامه‌ریزی عدد صحیح و عدد صحیح مختلط ۱۲
۲-۳-۵ روش برنامه‌ریزی شاخه و کران ۱۲
۲-۳-۶ روش تجزیه بندرز ۱۲
۲-۴ روش‌های ابتکاری ۱۲
۲-۴-۱ روش شبکه الحاقی با ترکیب مدل پخش بار مستقیم ۱۳
۲-۴-۲ روش آنالیز حساسیت ۱۳
۲-۴-۳ روش‌های پیش‌رو و پس‌رو ۱۴
۲-۵ روش فرابتکاری و هوش مصنوعی ۱۴
۲-۵-۱ الگوریتم جستجوی ممنوعه ۱۵
۲-۵-۲ الگوریتم شبیه‌سازی تبرید ۱۵
۲-۵-۳ الگوریتم سیستم خبره ۱۵
۲-۵-۴ الگوریتم تکاملی ۱۶
۲-۵-۵ الگوریتم ژنتیک ۱۶
۲-۵-۶ الگوریتم میمون ۱۷
۲-۵-۷ الگوریتم جستجوی هارمونی ۱۷

۲-۵-۸ الگوریتم اجتماع ذرات ۱۸

۲-۶ الگوریتم‌های ترکیبی در حل مسأله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۱۸

۲-۷ جمع‌بندی ۱۹

فصل سوم : الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل

۳-۱ مقدمه ۲۱

۳-۲ کلونی زنبور عسل ۲۲

۳-۳ سیستم جفت‌گیری ملکه ۲۴

۳-۳-۱ قدرت پرواز ۲۵

۳-۳-۲ دامنه پرواز ۲۵

۳-۳-۳ زمان پرواز ۲۵

۳-۳-۴ سرعت پرواز ۲۶

۳-۴ گام بندی ریاضی الگوریتم جفت گیری زنبور عسل ۲۶

۳-۵ شبه کد الگوریتم HBMO ۳۰

۳-۶ آزمایش الگوریتمHBMO بر روی توابع استاندارد ۳۰

۳-۶-۱ تابع نامقید سینوسی Rastrigin ۳۳

۳-۶-۲ تابع Schaffer ۳۵

۳-۶-۳ تابع Goldstein-Price ۳۷

۳-۶-۴ تابع *Rosenbrock* ۳۹

۳-۷ مقایسه الگوریتم پیشنهادی با سایر روش‌ها ۴۲

۳-۸ جمع‌بندی ۴۲

فصل چهارم : برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال

۴-۱ مفهوم بهینه‌سازی ۴۶

۴-۲ مراحل حل بهینه‌سازی مساله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۴۶

۴-۲-۱ بیان مفهوم برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۴۶

۴-۲-۱ -۱ بیان مدل ریاضی مسأله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال استاتیکی ۴۷

۴-۲-۲ انتخاب تابعی به عنوان معیار عملکرد برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۴۸

۴-۳ مهم‌ترین پارامترها در برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال استاتیکی ۴۸

۴-۳-۱ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با محدودیت‌های امنیتی ۴۸

۴-۳-۲ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن اثر ضریب تلفات ۴۹

۴-۳-۳ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن سطح ولتاژ و تاثیر باندل خط ۵۰

۴-۳-۴ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با درنظر گرفتن تلفات و عدم قطعیت در رشد بار ۵۱

۴-۳-۵ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن اثر بارگذاری خطوط ۵۳

۴-۴ قیود همگرایی در برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۵۳

۴-۵ تابع هدف مورد مطالعه ۵۵

۴-۲-۳ اعمال الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل و بهبود یافته آن در حل مساله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۵۶

۴-۶ مراحل بهینه‌سازی مساله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری ۵۶

زنبور عسل:

۴-۷ جمع‌بندی ۵۸

فصل پنجم : نتایج شبیه‌سازی

۵-۱ مقدمه ۶۱

۵-۲ شبکه واقعی آذربایجان ۶۱

۵-۲-۱ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با درنظر گرفتن تلفات و عدم قطعیت در رشد بار ۶۲

۵-۲-۲ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن اثر بارگذاری خطوط ۷۴

۵-۲-۳ برنامه‌ریزی توسعه شبکه آذربایجان با در نظر گرفتن اثر باندل خطوط ۸۰

۵-۳ شبکه شش باسه گارور ۸۲

۵-۳-۱ برنامه‌ریزی توسعه با درنظر گرفتن تلفات و عدم قطعیت در رشد بار برای شبکه گارور ۸۳

۵-۳-۲ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن اثر بارگذاری خطوط ۹۰

۵-۳-۳ برنامه‌ریزی توسعه شبکه گارو با در نظر گرفتن اثر باندل خطوط ۹۷

۵-۴ شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS ۹۸

۵-۴-۱ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با درنظر گرفتن تلفات و عدم قطعیت در رشد بار ۹۰

۵-۴-۲ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن اثر بارگذاری خطوط ۱۰۹

۵-۴-۳ برنامه‌ریزی توسعه شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS با در نظر گرفتن اثر باندل خطوط ۱۰۴

۵-۴-۴ جمع‌بندی ۱۱۷

فصل ششم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱ نتیجه‌گیری ۱۲۰

۶-۲ پیشنهادات ۱۲۲

فهرست مراجع ۱۲۴

پیوست ۱۲۷

فهرست شکل‌ها

شکل‌ها **صفحه**

فصل دوم

شکل۲-۱ روش‌های حل مسأله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۱۰

فصل سوم

شکل ۳-۱ بهینه محلی و بهینه کلی ۲۱

شکل ۳-۲ تصویری از یک کلونی زنبور عسل ۲۳

شکل ۳-۳ تصویری از یک رقص جفت گیری ۲۴

شکل ۳-۴ نحوه مدل سازی جفت گیری زنبور عسل ۲۸

شکل ۳-۵ فلوچارت اعمال الگوریتم جفت گیری زنبور عسل بر سیستم مورد مطالعه ۲۹

شکل۳-۶ تصویر ۳ بعدی تابع نامقید سینوسی Rastrigin ۳۳

شکل ۳-۷ تغییرات همگرایی تابع Rastrigin ۳۴

شکل ۳-۸ تصویر سه بعدی تابع Schaffer ۳۶

شکل ۳-۹ تغییرات همگرایی تابع Schaffer ۳۶

شکل ۳-۱۰ شکل سه بعدی تابع Goldstein-Price ۳۸

شکل ۳-۱۱ تغییرات همگرایی تابع Goldstein-Price ۳۸

شکل ۳-۱۲ شکل سه بعدی تابع *Rosenbrock* ۴۰

شکل ۳-۱۳ تغییرات همگرایی تابع *Rosenbrock* ۴۰

فصل چهارم

شکل ۴-۱ منحنی مدت بار ۵۰

شکل۴-۲ ساختار کدینگ مساله ۵۷

شکل۴-۳ فلوچارت اعمال الگوریتم جفت گیری زنبور عسل در حل مساله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۵۸

فصل پنجم

شکل ۵-۱ ساختار شبکه آذربایجان ۶۲

شکل ۵-۲ تغییرات تابع همگرایی برای زنبورهای نر مختلف ۶۴

شکل ۵-۳ تغییرات تابع همگرایی برای حجم اسپرم ملکه مختلف ۶۴

شکل ۵-۴ تغییرات تابع همگرایی برای نرخ کاهش سرعت ۶۵

شکل ۵-۵ ساختار شبکه آذربایجان بدون در نظر گرفتن تلفات ۶۸

شکل ۵-۶ ساختار شبکه آذربایجان با در نظر گرفتن تلفات ۷۰

شکل ۵-۷ مقایسه هزینه تلفات شبکه آذربایجان در سناریوهای مختلف الگوریتم HBMO و GA ۷۱

شکل ۵-۸ مقایسه هزینه کل توسعه شبکه آذربایجان در سناریوهای مختلف الگوریتم HBMO و GA ۷۱

شکل ۵-۹ مجموع هزینه‌های توسعه شبکه آذربایجان در صورت وقوع سناریوی اول ۷۲

شکل ۵-۱۰ مجموع هزینه‌های توسعه شبکه آذربایجان در صورت وقوع سناریوی دوم ۷۳

شکل ۵-۱۱ مجموع هزینه‌های توسعه شبکه آذربایجان در صورت وقوع سناریوی سوم ۷۳

شکل ۵-۱۲ بهترین طرح پیشنهادی توسعه شبکه آذربایجان با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل $C_{max}=150$ ۷۶

شکل ۵-۱۳ تابع‌های همگرایی توسعه شبکه آذربایجان ۷۷

شکل ۵-۱۴ بهترین طرح پیشنهادی توسعه شبکه آذربایجان با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل $C_{max}=175$ ۷۸

شکل۵-۱۵ بهترین طرح پیشنهادی توسعه شبکه آذربایجان با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل $C_{max}=200$ ۷۹

شکل۵-۱۶ هزینه توسعه شبکه آذربایجان بر حسب ماکزیمم هزینه سرمایه‌گذاری شده ۸۰

شکل۵-۱۷ مدت زمان از دست رفتن کفایت شبکه آذربایجان بر حسب ماکزیمم هزینه سرمایه-گذاری شده ۸۰

شکل۵-۱۸ هزینه توسعه شبکه آذربایجان با در نظر گرفتن اثر باندل خطوط ۸۲

شکل ۵-۱۹ ساختار شبکه گارور ۸۳

شکل ۵-۲۰ ساختار شبکه گارور توسعه داده شده بدون لحاظ نمودن تلفات ۸۵

شکل ۵-۲۱ ساختار شبکه گارور توسعه داده شده با لحاظ نمودن تلفات ۸۶

شکل۵-۲۲ مقایسه هزینه تلفات شبکه شش باس گارور در سناریوهای مختلف الگوریتم ژنتیک و الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل ۸۶

شکل۵-۲۳ مقایسه هزینه کل توسعه شبکه شش باس گارور در سناریوهای مختلف الگوریتم ژنتیک و الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل ۸۷

شکل ۵-۲۴ مجموع هزینه‌های توسعه شبکه گارو در صورت وقوع سناریوی اول ۸۸

شکل ۵-۲۵ مجموع هزینه‌های توسعه شبکه گارو در صورت وقوع سناریوی دوم ۸۹

شکل ۵-۲۶ مجموع هزینه‌های توسعه شبکه گارو در صورت وقوع سناریوی سوم ۸۹

شکل ۵-۲۷ بهترین طرح‌های پیشنهادی توسعه شبکه گارور با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل ۹۲

شکل ۵-۲۸ تابع‌های همگرایی توسعه شبکه گارور (C_{max}=70,C_{max}=60, C_{max}=50) ۹۴

شکل ۵-۲۹ تابع‌های همگرایی توسعه شبکه گارور(C_{max}=100,C_{max}=90, C_{max}=80) ۹۵

شکل۵-۳۰ هزینه توسعه شبکه گارور بر حسب ماکزیمم هزینه سرمایه‌گذاری شده ۹۶

شکل۵-۳۱ مدت زمان از دست رفتن کفایت شبکه گارور بر حسب ماکزیمم هزینه سرمایه-گذاری شده ۹۷

شکل ۵-۳۲ هزینه توسعه شبکه گارور با در نظر گرفتن اثر باندل خطوط ۹۸

شکل ۵-۳۳ ساختار شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS ۹۹

شکل ۵-۳۴ ساختار شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS توسعه داده شده بدون لحاظ نمودن تلفات ۱۰۲

شکل ۵-۳۵ ساختار شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS توسعه داده شده با لحاظ نمودن تلفات ۱۰۴

شکل۵-۳۶ مقایسه هزینه تلفات شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS در سناریوهای مختلف الگوریتم ژنتیک و الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل ۱۰۵

شکل ۵-۳۷ مقایسه هزینه کل توسعه شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS در سناریوهای مختلف الگوریتم ژنتیک و الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل ۱۰۶

شکل۵-۳۸ مجموع هزینه‌های توسعه شبکه ۲۴ باس IEEE RTS در صورت وقوع سناریوی اول ۱۰۷

شکل۵-۳۹ مجموع هزینه‌های توسعه شبکه ۲۴ باس IEEE RTS در صورت وقوع سناریوی دوم ۱۰۷

شکل۵-۴۰ مجموع هزینه‌های توسعه شبکه ۲۴ باس IEEE RTS در صورت وقوع سناریوی سوم ۱۰۸

شکل ۵-۴۱ بهترین طرح پیشنهادی توسعه شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS با استفاده از الگوریتم ۱۱۱

جفت‌گیری زنبورعسل $C_{max}=100$

شکل ۵-۴۲ بهترین طرح پیشنهادی توسعه شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل $C_{max}=125$ ۱۱۲

شکل ۵-۴۳ بهترین طرح پیشنهادی توسعه شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل Cmax=150 ۱۱۳

شکل۵-۴۴ هزینه توسعه شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS بر حسب ماکزیمم هزینه سرمایه‌گذاری شده ۱۱۴

شکل۵-۴۵ مدت زمان از دست رفتن کفایت شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS بر حسب ماکزیمم هزینه سرمایه‌گذاری شده ۱۱۴

شکل۵-۴۴ هزینه توسعه شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS با در نظر گرفتن اثر باندل خطوط ۱۱۶

فهرست جداول

جدول **صفحه**

فصل سوم

جدول ۳-۱ مقدار پارامترهای الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل در مراجع دیگر ۳۲

جدول ۳-۲ دامنه تغییرات پارامترهای الگوریتم جفت گیری زنبور عسل ۳۲

جدول ۳-۳ پارامترهای الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی ۳۲

جدول ۳-۴ پارامترهای به دست آمده برای الگوریتم جفت گیری زنبور عسل در بهینه‌سازی تابع نامقید سینوسی Rastrigin ۳۴

جدول ۳-۵ نتایج به دست آمده از ۱۰ تکرار برای تابع نامقید سینوسی Rastrigin ۳۵

جدول۳-۶ پارامترهای به دست آمده برای الگوریتم جفت گیری زنبور عسل در بهینه‌سازی تابع Schaffer ۳۶

جدول ۳-۷ نتایج به دست آمده از ۱۰ تکرار برای تابع Schaffer ۳۷

جدول ۳-۸ پارامترهای به دست آمده برای الگوریتم جفت گیری زنبور عسل در بهینه‌سازی تابع (Goldstein-Price) ۳۸

جدول ۳-۹ نتایج به دست آمده از ۱۰ تکرار برای تابع Goldstein-Price ۳۹

جدول ۳-۱۰ پارامترهای به دست آمده برای الگوریتم جفت گیری زنبور عسل در بهینه‌سازی تابع نامقید سینوسی *Rosenbrock* ۴۱

جدول ۳-۱۱ نتایج به دست آمده از ۱۰ تکرار برای تابع نامقید سینوسی *Rosenbrock* ۴۱

جدول ۳-۱۲ مقایسه پارامترهای پیدا شده از تابع تست‌های استاندارد برای الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل ۴۲

جدول ۳-۱۳ تابع تست‌های مختلف ۴۳

جدول۳-۱۴ نتایج به دست آمده برای تابع تست‌های مختلف ۴۴

فصل پنجم

جدول ۵-۱ مگاوات بار سناریوهای مختلف جهت لحاظ نمودن عدم قطعیت در تقاضا در شبکه واقعی آذربایجان ۶۳

جدول ۵-۲ تغییرات جمعیت نرها ۶۳

جدول ۵-۳ تغییرات حجم اسپرم ملکه ۶۴

جدول ۵-۴ تغییرات نرخ کاهش سرعت ۶۵

جدول ۵-۵ نتایج به دست آمده برای پارامترهای الگوریتم پیشنهادی ۶۶

جدول۵-۶ نتایج بهینه‌سازی شبکه واقعی آذربایجان ۶۶

جدول۵-۷ بهترین طرح پیشنهادی برای توسعه شبکه واقعی آذربایجان با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل بدون در نظر گرفتن تلفات ۶۷

جدول۵-۸ بهترین طرح پیشنهادی برای توسعه شبکه واقعی آذربایجان با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل با در نظر گرفتن تلفات ۶۹

جدول ۵-۹ هزینه‌های توسعه شبکه آذربایجان در حداکثر سرمایه‌گذاریهای مختلف با استفاده از الگوریتم‌های GA,HBMO ۷۵

جدول ۵-۱۰ خطوط احداثی در کریدورهای شبکه آذربایجان در حداکثر سرمایه‌گذاریهای مختلف با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبورعسل ۷۵

جدول ۵-۱۱ خطوط احداثی در کریدورهای شبکه آذربایجان با در نظر گرفتن اثر باندل ۸۱

جدول ۵-۱۲ هزینه توسعه شبکه آذربایجان با در نظر گرفتن اثر باندل ۸۲

جدول۵-۱۳ مگاوات بار سناریوهای مختلف جهت لحاظ نمودن عدم قطعیت در تقاضا در شبکه شش باسه گارور ۸۳

جدول۵-۱۴ نتایج بهینه‌سازی با لحاظ نمودن عدم قطعیت در تقاضا در شبکه شش باسه گارور ۸۴

جدول۵-۱۵ بهترین طرح پیشنهادی برای توسعه شبکه شش باس گارور با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل بدون در نظر گرفتن تلفات ۸۴

جدول۵-۱۶ بهترین طرح پیشنهادی برای توسعه شبکه شش باس گارور با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل با در نظر گرفتن تلفات ۸۵

جدول ۵-۱۷ هزینه‌های توسعه شبکه شش باسه گارور در حداکثر سرمایه‌گذاریهای مختلف با استفاده از الگوریتم‌های HBMO,GA ۹۱

جدول ۵-۱۸ خطوط احداثی در کریدرورهای شبکه شش باسه گارور در حداکثر سرمایه-گذاریهای مختلف با استفاده از الگوریتم‌های جفت‌گیری زنبورعسل ۹۱

جدول ۵-۱۹ خطوط احداثی در کریدورهای شبکه گارور با در نظر گرفتن اثر باندل ۹۷

جدول ۵-۲۰ هزینه توسعه شبکه گارور با در نظر گرفتن اثر باندل ۹۸

جدول۵-۲۱ مگاوات بار سناریوهای مختلف جهت لحاظ نمودن عدم قطعیت در تقاضا در شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS ۱۰۰

جدول۵-۲۲ نتایج بهینه‌سازی با لحاظ نمودن عدم قطعیت در تقاضا در شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS ۱۰۱

جدول۵-۲۳ بهترین طرح پیشنهادی برای توسعه شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل بدون در نظر گرفتن تلفات ۱۰۱

جدول۵-۲۴ بهترین طرح پیشنهادی برای توسعه شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS با استفاده از الگوریتم جفت‌گیری زنبور عسل با در نظر گرفتن تلفات ۱۰۳

جدول ۵-۲۵ هزینه‌های توسعه شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS در حداکثر سرمایه‌گذاریهای ۱۰۹