

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**مدیریت بازار برق در شرایط عدم قطعیت
(طراحی تعامل بهینه با خودروهای برقی)**

تألیف: مهندس محمد حسین عباسی
دکتر مهرداد تاکی (عضو هیأت علمی دانشگاه قم)

سرشناسه	: عباسی، محمدحسین، ۱۳۷۱-
عنوان و نام پدیدآور	: مدیریت بازار برق در شرایط عدم قطعیت: طراحی تعامل بهینه با خودروهای برقی / تالیف محمدحسین عباسی، مهرداد تاکی.
مشخصات نشر	: قم: دانشگاه قم، انتشارات، ۱۳۹۹. / مشخصات ظاهری: ۲۸۸ ص.
شابک	: 978-600-8436-54-6
عنوان دیگر	: طراحی تعامل بهینه با خودروهای برقی.
موضوع	: اتومبیل‌های برقی / Electric automobiles
موضوع	: وسایل نقلیه برقی -- تامین انرژی / Electric vehicles -- Power supply
موضوع	: برق نیرو - توزیع / Electric power distribution
شناسه افزوده	: تاکی، مهرداد، ۱۳۶۰ - دانشگاه قم. انتشارات
رده بندی کنگره	: ۶۱۸۲۹۱۹ / TL۲۲۰ / رده بندی دیویی ۳۹۲۲/۹۲۶ شماره کتابشناسی ملی: ۶۱۸۲۹۱۹



انتشارات دانشگاه قم

عنوان: مدیریت بازار برق در شرایط عدم قطعیت (طراحی تعامل بهینه با خودروهای برقی)

مؤلف: محمد حسین عباسی، مهرداد تاکی

چاپ و صحافی: هوشنگی

ناظر فنی: علیرضا معظمی

طراح جلد و صفحه آرا: محمد حسین عباسی

نوبت و سال چاپ: اول، بهار ۱۳۹۹

شمارگان: ۵۰۰

بهاء: ۴۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۴۳۶-۵۴-۶

آدرس الکترونیکی: Publication@Qom.ac.ir

کلیه حقوق مادی و معنوی برای ناشر محفوظ است.

قم، بلوار الغدير، دانشگاه قم، اداره چاپ و انتشارات دانشگاه

تلفن: ۰۲۵-۳۲۱۰۳۳۴۴ - ۰۲۵-۳۲۱۰۳۳۴۵ - ۰۲۵

پیشگفتار

این کتاب براساس یک پژوهش کاربردی در مورد نحوه تعامل خودروهای برقی با شبکه توزیع تدوین شده است. ورود خودروهای برقی به سیستم حمل و نقل می‌تواند منشأ تحولات بسیار ارزشمندی باشد و گستره‌ای از مشکلات موجود در این حوزه از جمله مسائل زیست محیطی، مسائل ایمنی و غیره را برطرف نماید. با اینحال بکارگیری گسترده خودروهای مذکور منجر به ایجاد بار نسبتاً بالایی بر روی شبکه تولید و توزیع برق خواهد شد که بایستی برای مواجهه با آن تدابیر مناسب اندیشیده شود.

بازار برق بستر مناسبی برای مدیریت توزیع و بهره‌برداری انرژی الکتریکی فراهم می‌آورد. در این بازار می‌توان با تدوین نظام قیمت گذاری مناسب، مصرف انرژی را مدیریت نمود و از ایجاد قله‌های شدید مصرف در ساعات شبانه‌روز جلوگیری کرد. اما واضح است که تعامل مستقیم خودروها به عنوان مصرف‌کننده‌های خرد با بازار برق ممکن نیست؛ لذا یک پیشنهاد مناسب، تجمیع مصرف خودروها در قالب پارکینگ‌های بزرگ و یا مراکز محلی است. متناظر با هر واسطه یا منطقه می‌توان در اصطلاح یک فروشنده واسطه در نظر گرفت که وظیفه تجمیع نیاز خودروها خرید انرژی متناظر از بازار را برعهده داشته باشد. با این کار، فروشنده واسطه با توجه به اینکه مصرف قابل ملاحظه‌ای را نمایندگی می‌کند، به عنوان یک خریدار قیمت‌ساز در بازار ظاهر خواهد شد. فروشنده واسطه همچنین می‌تواند زمان‌بندی مناسبی برای شارژ خودروها را نیز تنظیم نماید.

از طرف دیگر، وابستگی شبکه برق به نیروگاه‌های تجدیدناپذیر نه تنها سبب تولید گازهای گلخانه‌ای شده که این آلاینده‌گی‌ها رو به افزایش است. بعلاوه، اتمام منابع سوخت فسیلی که از آن‌ها برای تولید عمده برق دنیا استفاده می‌شود خود چالش دیگری است. در این راستا، دو گزینه جایگزین وجود دارد، نیروگاه‌های هسته‌ای و نیروگاه‌های تجدیدپذیر. نیروگاه‌های هسته‌ای علاوه بر تجدیدپذیر نبودن، چالش‌ها و خطرات منحصر بفرد خود را دارند. و از طرف مقابل نیروگاه‌های تجدیدپذیر دارای عدم قطعیت هستند که استفاده از آن‌ها در شبکه برق، بی‌اطمینانی‌های شبکه را افزایش می‌دهد. یکی از راه‌های غلبه بر این مشکل یاری گرفتن از

مصرف‌کنندگان در مدیریت شبکه است. یک مدل خاص که در این کتاب بحث شده است، همکاری بین نیروگاه‌های تجدیدپذیر و خودروهای برقی در قالب یک نیروگاه برق مجازی می‌باشد. بدین صورت که قابلیت ذخیره‌سازی برق در باتری خودروها به کمک نیروگاه آمده و در ساعات کم مصرف برق مازاد تولیدی نیروگاه تجدیدپذیر را ذخیره می‌کنند و در ساعات پرمصرف به شبکه تحویل می‌دهند.

قابلیت بسیار مهم خودروها آن است که به علت وجود باتری‌های بزرگ، آن‌ها می‌توانند در ساعات غیرپیک، فراتر از نیاز خود از شبکه برق ارزان قیمت بخرند و در ساعات پیک، انرژی با تعرفه بالاتر را به شبکه برگردانند. تدوین و برنامه‌ریزی مناسب برای این راهبرد، مشوق بسیار خوبی برای توزیع مناسب بهره‌برداری از شبکه خواهد شد که علاوه بر این به سود مالکان خودرو نیز خواهد بود. نتایج پژوهش انجام گرفته نشان داد که می‌توان با تدوین الگوی مصرف مناسب کاری کرد که نه تنها هزینه شارژ خودروها بعضاً رایگان باشد بلکه گاهی ایجاد درآمدزایی برای آن‌ها هم بنماید و از طرف دیگر، قله مصرف شبکه به خوبی مدیریت گردد. در اینجا فروشنده واسطه به عنوان یک تولیدکننده قیمت‌ساز با بازار تعامل خواهد کرد.

از آنجا که نیازمندی‌های خودروها در حالت کلی غیرقطعی است برای انجام این پژوهش نیازمند مرور برخی اصول و مفاهیم در حوزه کنترل تصادفی بازار هستیم. بدین منظور مفاهیم اولیه بازار برق با استفاده از کتاب Decision Making Under Uncertainty in Electricity Markets تألیف Juan M. Morales و Miguel Carrion، Antonio J. Conejo و کتاب Fundamentals of Power System Economics تألیف Daniel Kirschen و Goran Strbac مرور گردیده است. ساختار این کتاب در ادامه به قرار ذیل است؛ در فصل اول اصول و مفاهیم اولیه بازار برق مطرح شده است و در فصل دوم، اصول برنامه‌ریزی تصادفی بیان گردیده است. فصل سوم به روش توصیف عدم قطعیت می‌پردازد و فصل چهارم به مدیریت ریسک اختصاص دارد. فصل پنجم به بررسی تعامل بهینه خرده‌فروش قیمت‌ساز با منابع شبکه و خودروها می‌پردازد. و فصل ششم مسأله نیروگاه برق مجازی را مدل‌سازی و حل می‌کند.

محمد حسین عباسی؛ مهرداد تاکی

فهرست مطالب

۹	فهرست جداول
۱۱	فهرست تصاویر
۱	۱ بازارهای برق
۱	۱.۱ مقدمه
۲	۲.۱ انواع رقابت
۲	۱.۲.۱ انحصار
۳	۲.۲.۱ نمایندگی خرید
۳	۳.۲.۱ رقابت عمده‌فروشی
۴	۴.۲.۱ رقابت خرده‌فروشی
۵	۳.۱ ساختار و عاملین
۷	۱.۳.۱ ساختار بازار
۹	۲.۳.۱ عاملین
۱۲	۳.۳.۱ ائتلافی
۱۵	۴.۳.۱ بازار آتی
۱۶	۵.۳.۱ بازارهای رزرو و سامانده
۱۹	۴.۱ مفاهیم پایه اقتصاد
۱۹	۱.۴.۱ مدلسازی مصرف‌کننده
۲۳	۲.۴.۱ مدلسازی تولیدکننده
۲۶	۵.۱ چارچوب زمانی و عدم قطعیت
۲۶	۱.۵.۱ توالی تصمیم‌گیری
۲۸	۲.۵.۱ عدم قطعیت

۳۰	۶.۱	تصمیم‌گیری
۳۰	۱.۶.۱	مصرف‌کننده
۳۲	۲.۶.۱	خرده فروش
۳۳	۳.۶.۱	تولیدکننده
۳۴	۴.۶.۱	تولیدکننده بی‌ثبات
۳۵	۵.۶.۱	اپراتور بازار
۳۶	۶.۶.۱	اپراتور مستقل سیستم

۳۹	۲	اصول برنامه‌ریزی تصادفی
۳۹	۱.۲	مقدمه
۴۱	۲.۲	متغیرهای تصادفی
۴۴	۳.۲	فرآیندهای تصادفی
۴۵	۴.۲	سناریوها
۴۵	۵.۲	مسائل برنامه‌ریزی تصادفی
۴۶	۱.۵.۲	مسائل دو مرحله‌ای
۵۲	۲.۵.۲	مسائل چند مرحله‌ای
۶۱	۶.۲	معیارهای کیفیت
۶۲	۱.۶.۲	EVPI
۶۵	۲.۶.۲	VSS
۷۲	۳.۶.۲	ارزیابی برون‌نمونه‌ای
۷۳	۷.۲	ریسک
۷۴	۸.۲	حل مسائل برنامه‌ریزی تصادفی

۷۷	۳	توصیف عدم قطعیت بوسیله سناریوها
۷۷	۱.۳	مقدمه
۸۰	۲.۳	تولید سناریو
۸۰	۱.۲.۳	مرور
۸۳	۲.۲.۳	تولید سناریو با استفاده از مدل‌های ARIMA
۹۱	۳.۲.۳	تولید سناریوی در دسترس بودن واحد تولیدی
۹۵	۴.۲.۳	کیفیت زیرمجموعه‌های سناریو
۹۷	۳.۳	کاهش سناریو

۹۷	انگیزه	۱.۳.۳
۹۸	کاهش سناریو با استفاده از فاصله احتمال	۲.۳.۳
۱۰۰	الگوریتم	۳.۳.۳
۱۱۳	تولید سناریوی فرآیند تصادفی وابسته	۴.۳
۱۱۳	مرور	۱.۴.۳
۱۱۵	سناریوهای فرآیندهای تصادفی همزمان یا شبه همزمان	۲.۴.۳
۱۲۳	سناریوهای فرآیندهای تصادفی غیر همزمان	۳.۴.۳
۱۲۵	مطالعات موردی	۵.۳
۱۲۵	قیمت و تقاضای برق	۱.۵.۳
۱۳۲	سرعت باد در مکان‌های مختلف	۲.۵.۳
۱۳۹	مدیریت ریسک	۴
۱۳۹	مقدمه	۱.۴
۱۴۰	کنترل ریسک در مسائل برنامه‌ریزی تصادفی	۲.۴
۱۴۰	تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر	۱.۲.۴
۱۴۴	تصمیم‌گیری ریسک‌گریز	۲.۲.۴
۱۴۷	معیارهای ریسک	۳.۴
۱۴۸	واریانس	۱.۳.۴
۱۵۲	احتمال کمبود	۲.۳.۴
۱۵۶	میانگین کمبود	۳.۳.۴
۱۶۰	ارزش در معرض خطر	۴.۳.۴
۱۶۴	ارزش در معرض خطر شرطی	۵.۳.۴
۱۶۷	غلبه احتمال	۶.۳.۴
۱۷۷	مصرف‌کننده قیمت‌ساز در بازار ائتلافی	۵
۱۷۷	مقدمه	۱.۵
۱۷۸	منحنی سهمیه قیمت (PQC)	۲.۵
۱۸۰	بخش اول	۳.۵
۱۸۱	خطی‌سازی	۱.۳.۵
۱۸۷	قیود	۲.۳.۵
۱۹۱	فرمول‌بندی	۳.۳.۵

۱۹۸	بخش دوم	۴.۵
۱۹۸	مدل بهینه‌سازی ریاضیاتی	۱.۴.۵
۲۰۱	مدل تکاملی فراابتکاری	۲.۴.۵
۲۱۲	تولید سناریوهای قیمت	۵.۵
۲۱۲	پارامترهای قیود	۶.۵
۲۱۲	قیود فنی خودروهای برقی	۱.۶.۵
۲۱۵	سایر قیود	۲.۶.۵
۲۱۶	مثالی از DRA	۷.۵
۲۲۷	مطالعه موردی اول	۸.۵
۲۳۰	مطالعه موردی دوم	۹.۵
۲۳۲	بخش اول	۱.۹.۵
۲۳۵	بخش دوم	۲.۹.۵
۲۳۷	بحث پایانی	۳.۹.۵
۲۴۱	نیروگاه برق مجازی	۶
۲۴۱	مقدمه	۱.۶
۲۴۲	تعریف مسأله	۲.۶
۲۴۳	چارچوب بازار	۱.۲.۶
۲۴۳	تولیدکننده و مصرف‌کننده	۲.۲.۶
۲۴۴	مدل‌سازی عدم قطعیت	۳.۲.۶
۲۴۶	فرمول‌بندی	۳.۶
۲۴۷	قیود خودروهای برقی	۱.۳.۶
۲۴۸	فرمول‌بندی ریاضیاتی	۲.۳.۶
۲۵۱	معیار محک	۳.۳.۶
۲۵۳	مطالعه موردی	۴.۶
۲۵۴	داده	۱.۴.۶
۲۶۰	شبیه‌سازی و نتایج	۲.۴.۶

فهرست جداول

۱.۲	مثال ۵.۲: سناریوهای قیمت	۴۶
۲.۲	مثال ۶.۲: داده‌های سناریو برای مصرف‌کننده	۴۹
۳.۲	مثال ۸.۲: اطلاعات قرارداد تولیدکننده	۵۶
۴.۲	مثال ۸.۲: اطلاعات سناریوهای تولیدکننده	۵۷
۱.۳	مثال ۱۰.۳: سناریوهای توان بادی	۱۰۵
۲.۳	مثال ۱۱.۳: مقادیر تابع هدف z_w برای مسائل تک سناریویی DP_w	۱۱۰
۳.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: متغیرهای مدل‌های ARIMA قیمت و تقاضا	۱۲۷
۴.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: متغیرهای مدل رگرسیون دینامیکی قیمت	۱۳۰
۵.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: مقایسه صدک باد محل A	۱۳۸
۱.۴	مثال ۱.۴: داده‌های قرارداد سلف	۱۴۳
۲.۴	مثال ۱.۴: داده‌های قیمت ائتلافی (\$/MWh)	۱۴۳
۳.۴	مثال ۱.۴: سود برحسب سناریو	۱۴۵
۴.۴	مثال ۲.۴: سود برحسب سناریو برای $\beta = 1$	۱۵۲
۵.۴	مثال ۳.۴: سود و متغیر θ_w برحسب سناریو برای $\beta = 1$	۱۵۵
۶.۴	مثال ۴.۴: سود و متغیر s_w برحسب سناریو برای $\beta = 1$	۱۶۰
۷.۴	مثال ۵.۴: سود و متغیر θ_w برحسب سناریو برای $\beta = 1$	۱۶۳
۸.۴	مثال ۶.۴: سود و متغیر s_w برحسب سناریو برای $\beta = 1$	۱۶۶
۹.۴	مثال ۷.۴: داده‌های محک	۱۷۰
۱۰.۴	مثال ۷.۴: پاسخ محک ۱	۱۷۲
۱۱.۴	مثال ۸.۴: داده‌های محک	۱۷۴
۱۲.۴	مثال ۸.۴: پاسخ محک ۱	۱۷۶

۱۹۳	متغیرهای تصمیم	۱.۵
۲۱۴	مقایسه ویژگی‌های باتری‌های چند خودرو برقی مختلف	۸.۵
۲۱۶	مقادیر پارامترهای ثابت مسأله	۹.۵
۲۲۲	برنامه‌ریزی شارژ خودروهای برقی	۱۰.۵
۲۲۸	پارامترهای ثابت	۱۱.۵
۲۲۸	مقادیر پیشنهادی قیمت و انرژی بازار روز بعد	۱۲.۵
۲۳۲	مقادیر پارامترهای مسأله	۱۳.۵
۲۳۴	نتایج	۱۴.۵
۲۳۵	اثر استهلاك باتری	۱۵.۵
۲۳۶	پارامترهای الگوریتم ژنتیک	۱۶.۵
۲۳۷	هزینه سناریوها - مورد چهارم	۱۷.۵
۲۵۵	مشخصات مدل‌های ARMA	۱.۶
۲۵۵	ترکیب چهار توزیع فون‌میسز	۲.۶
۲۵۷	اطلاعات فنی خودروهای برقی	۳.۶
۲۵۹	اطلاعات حرکت خودروهای برقی	۴.۶
۲۶۱	میانگین سود	۵.۶

فهرست تصاویر

۱.۱	مدل انحصاری	۲
۲.۱	مدل نمایندگی خرید	۳
۳.۱	مدل رقابت عمده‌فروشی	۴
۴.۱	مدل رقابت خرده‌فروشی	۴
۵.۱	قرارداد دوجانبه برق	۸
۶.۱	بازار برق	۹
۷.۱	ساختار و نحوه عملکرد ائتلافی	۱۲
۸.۱	ساختار و نحوه عملکرد بازار تعدیل	۱۳
۹.۱	ساختار و نحوه عملکرد بازارهای آتی	۱۷
۱۰.۱	ساختار و نحوه عملکرد بازار رزرو	۱۸
۱۱.۱	ساختار و نحوه عملکرد بازار سامانده	۱۸
۱۲.۱	رابطه بین قیمت سیب و تقاضای مشتری	۲۰
۱۳.۱	مازاد ناخالص خرید سیب	۲۰
۱۴.۱	منحنی قیمت-تقاضا	۲۱
۱۵.۱	مازاد خالص و مازاد ناخالص مصرف‌کننده	۲۱
۱۶.۱	منحنی عرضه	۲۴
۱۷.۱	تعادل بازار	۲۵
۱۸.۱	چارچوب زمانی بازار آتی	۲۷
۱۹.۱	ترتیب تسویه شدن بازارهای روزانه	۲۷
۲۰.۱	مسائل تصمیم‌گیری مصرف‌کننده	۳۱
۲۱.۱	مسائل تصمیم‌گیری خرده‌فروش	۳۳
۲۲.۱	مسائل تصمیم‌گیری تولیدکننده	۳۴

۲۳.۱	مسائل تصمیم‌گیری تولیدکننده بی‌ثبات	۳۵
۱.۲	مثال ۳.۲: pmf و pdf اصلاح شده	۴۳
۲.۲	درخت سناریوی مسئله دو مرحله‌ای	۴۸
۳.۲	مثال ۶.۲: درخت سناریو	۵۰
۴.۲	مثال ۷.۲: درخت سناریو	۵۲
۵.۲	درخت سناریوی مسئله سه مرحله‌ای	۵۳
۶.۲	مثال ۸.۲: درخت سناریو	۵۸
۷.۲	مثال ۱۳.۲: درخت اولین محاسبه VSS	۶۹
۸.۲	مثال ۱۳.۲: درخت دومین محاسبه سناریو	۷۰
۹.۲	مفهوم ریسک	۷۴
۱.۳	مثالی از درخت سناریوی سه مرحله‌ای	۸۲
۲.۳	فرآیند غیرثابت	۸۶
۳.۳	تبدیل لگاریتمی فرآیند غیرثابت	۸۷
۴.۳	تفریق فرآیند غیرثابت	۸۸
۵.۳	مثالی از سری‌های فصلی	۸۹
۶.۳	بیان گرافیکی تبدیل نرمال معادله (۵.۳)	۹۱
۷.۳	مثال‌هایی از تابع توزیع زمان لازم برای خرابی و زمان لازم برای تعمیر	۹۳
۸.۳	مثالی از در دسترس بودن یک سناریو	۹۵
۹.۳	انواع فرآیندهای تصادفی وابسته براساس نمودار همبستگی نگاشت آن‌ها: مثال ۱۱۵	۱۱۵
۱۰.۳	فرآیندهای تصادفی همزمان یا شبه‌همزمان: نمودار الگوریتم	۱۱۸
۱۱.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: داده‌های اولیه قیمت‌های ائتلافی و تقاضا	۱۲۶
۱۲.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: همبستگی بین قیمت‌های ائتلافی و تقاضا	۱۲۶
۱۳.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: سناریوهای قیمت و تقاضا تولید شده با مدل	
۱۲.۸	ARIMA	
۱۴.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: همبستگی سناریوهای قیمت ائتلافی و تقاضا	
۱۲.۹	با استفاده از مدل ARIMA	
۱۵.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: همبستگی نگاشت مانده‌ها	۱۲۹
۱۶.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: سناریوهای قیمت ائتلافی با استفاده از مدل	
۱۳.۱	رگرسیون دینامیکی	

۱۷.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: همبستگی سناریوهای قیمت ائتلافی و تقاضا
۱۳۱	با استفاده از مدل رگرسیون دینامیکی
۱۸.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: توزیع فراوانی سرعت باد در محل A و تابع
۱۳۳	pdf وایبول متناظر آن
۱۹.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: طرح نرمال داده‌های تبدیل یافته محل A
۲۰.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: همبستگی نگاشت مانده‌های بدست آمده پس
۱۳۴	از برازش مدل ARMA
۲۱.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: همبستگی نگاشت خطاها با سطح معناداری
۱۳۵	$\alpha = 0.05$
۲۲.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: مقایسه بین همبستگی نگاشت‌های نمونه و
۱۳۶	شبیه سازی
۲۳.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: خروجی ۴۸ ساعته مجموعه‌های سرعت باد
۱۳۷	شبیه سازی شده و اولیه در محل‌های A و B
۲۴.۳	مطالعه موردی تولید سناریو: مقایسه بین توابع احتمال تجمعی شبیه سازی
۱۳۸	و برازش شده باد در محل A
۱.۴	مثال ۱.۴: cdf سود مسأله ریسک‌پذیر
۱۴۷	مثالی از مرز کارایی
۳.۴	مثال ۲.۴: cdfهای $\beta = 0$ و $\beta = 1$
۴.۴	مثال ۲.۴: مرز کارایی
۵.۴	مثال ۳.۴: cdfهای $\beta = 0$ و $\beta = 1$
۶.۴	مثال ۳.۴: مرز کارایی
۷.۴	مثال ۴.۴: cdfهای $\beta = 0$ و $\beta = 1$
۸.۴	مثال ۴.۴: مرز کارایی
۹.۴	مثال ۵.۴: cdfهای $\beta = 0$ و $\beta = 1$
۱۰.۴	مثال ۵.۴: مرز کارایی
۱۱.۴	مثال ۶.۴: cdfهای $\beta = 0$ و $\beta = 1$
۱۲.۴	مثال ۶.۴: مرز کارایی
۱۳.۴	مثال ۷.۴: cdfهای اعمال محک‌های ۱ و ۲
۱۴.۴	مثال ۸.۴: cdfهای اعمال محک‌های ۱ و ۲

۱۷۹	منحنی سهمیه قیمت	۱.۵
۱۸۲	خطی سازی با استفاده از منحنی سهمیه قیمت	۲.۵
۲۰۲	چرخه رولت	۳.۵
۲۰۳	چرخه رولت باز شده	۴.۵
۲۰۴	نگاشت PQC روی محور مختصات	۵.۵
۲۰۵	تسویه قیمت و انرژی بازار روز بعد	۶.۵
۲۰۵	چرخه رولت برای بازار روز بعد	۷.۵
۲۰۵	چرخه رولت برای بازارهای تنظیم و تعدیل	۸.۵
۲۱۷	مقادیر پیشنهادی قیمت و انرژی بازار روز بعد	۱۰.۵
۲۱۸	مقادیر پیشنهادی قیمت و انرژی بازار تعدیل	۱۱.۵
۲۲۳	برنامه ریزی شارژ خودروهای برقی	۱۲.۵
۲۲۴	درصد شارژ و تخلیه در اثر حرکت خودروها	۱۳.۵
۲۲۶	میانگین هزینه $(€) - \beta$	۱۴.۵
۲۲۷	پراکندگی سناریوها	۱۵.۵
۲۳۰	مقادیر انرژی پیشنهادی و تسویه شده	۱۶.۵
۲۳۱	مقادیر انرژی برنامه ریزی شده خودروها	۱۷.۵
۲۴۵	قیمت های بازارهای روز بعد و تنظیم بازار برق اسپانیا در ژانویه ۲۰۱۷	۱.۶
۲۴۶	تولید سناریو قیمت های بازار با استفاده از ARMA	۲.۶
۲۴۷	تولید سناریو برای میزان تولید نیروگاه بادی با استفاده از ANFIS	۳.۶
۲۵۴	پیش بینی قیمت بازار روز بعد	۴.۶
۲۵۶	توابع چگالی احتمال سرعت و جهت وزش باد (با استفاده از این توابع، سناریوهای ورودی های ANFIS تولید شده اند.)	۵.۶
۲۵۷	پیش بینی تولیدات نیروگاه بادی	۶.۶
۲۶۱	خرید، فروش و مصرف انرژی گردآورنده در هر ساعت (۰۵/۰۲/۲۰۱۷)	۸.۶
۲۶۲	کل انرژی مصرفی (۰۵/۰۲/۲۰۱۷)	۹.۶
۲۶۳	سود ساعتی (۰۵/۰۲/۲۰۱۷)	۱۰.۶
۲۶۳	سود/هزینه الگوهای حرکت مختلف (۰۵/۰۲/۲۰۱۷)	۱۱.۶
۲۶۴	مقادیر تابع هدف به ازای β های مختلف	۱۲.۶
۲۶۵	احتمال تحقق سناریوها به ازای مقادیر مختلف β	۱۳.۶