

به نام خدا

مدل سازی، بهینه سازی و تصمیم گیری در سیستم های قدرت و انرژی آینده رویکرد یکپارچه مهندسی قدرت و تحقیق در عملیات

مولفان :

علی کریمی

استادیار گروه مهندسی برق | هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور آباد ممسنی

احسان زنبوری

استادیار گروه علوم پایه | هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور آباد ممسنی

میلاذ بهزادی خلاری

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران - ۱۴۰۵)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir



سرشناسه: کریمی، علی، ۱۳۶۸
عنوان و نام پدیدآورگان: مدل سازی، بهینه سازی و تصمیم گیری در سیستم های قدرت و انرژی
آینده رویکرد یکپارچه مهندسی قدرت و تحقیق در عملیات/ مولفان: علی کریمی، احسان
زنبوری، میلاد بهزادی خلاری
مشخصات نشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری: ۵۱۶ ص.
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۵۵۲-۴
شناسه افزوده: زنبوری، احسان، ۱۳۶۴
شناسه افزوده: بهزادی خلاری، میلاد، ۱۳۷۵
وضعیت فهرست نویسی: فیفا
یادداشت: کتابنامه.
موضوع: مدل سازی- بهینه سازی - تصمیم گیری در سیستم
رده بندی کنگره: TP ۹۸۳
رده بندی دیویی: ۶۶۸/۵۵
شماره کتابشناسی ملی: ۷۴۱۲۵۸
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیفا

نام کتاب: مدل سازی، بهینه سازی و تصمیم گیری در سیستم های قدرت و انرژی آینده رویکرد
یکپارچه مهندسی قدرت و تحقیق در عملیات
مولفان: علی کریمی - احسان زنبوری - میلاد بهزادی خلاری
ناشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرای، تنظیم و طرح جلد: الهام غفاری
تیراژ: ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۵
چاپ: زبرجد
قیمت: ۸۵۰۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان:
<https://chaponashr.ir/ketabresan>
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۵۵۲-۴
تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir



فهرست

مقدمه	۲۳
فصل اول: سیستم‌های قدرت و انرژی آینده به‌عنوان یک مسئله تصمیم‌گیری	۲۷
۱-۱. از سیستم قدرت به سیستم تصمیم	۲۸
۲-۱. پنج محرک اصلی پیچیدگی تصمیم در شبکه آینده	۲۸
۳-۱. افق زمانی و سلسله‌مراتب تصمیم	۲۹
۴-۱. فرمول‌بندی مادر کتاب	۳۱
۵-۱. نمونه کوچک: ریزشبکه به‌عنوان یک مسئله تحقیق در عملیات	۳۳
۶-۱. مدیریت عدم قطعیت: از پیش‌بینی تا تصمیم مقاوم	۳۶
۷-۱. چرا «بهینه‌سازی هوشمند» به‌تنهایی کافی نیست؟	۳۷
۸-۱. معیار اعتبار مدل	۳۸
۹-۱. نقشه روش‌های تحقیق در عملیات و کاربردهای قدرت	۳۸
۱۰-۱. جمع‌بندی فصل	۴۰
تمرین‌ها و مسائل پژوهشی فصل ۱	۴۰
فصل دوم: مدل‌سازی ریاضی شبکه، منابع و قيود فیزیکی	۴۱
۱-۲. قرارداد نمادگذاری، جهت توان و دستگاه پریونیت	۴۳
۲-۲. مدل پخش بار متناوب به‌عنوان مرجع فیزیکی	۴۳
۳-۲. تقریب جریان مستقیم: ابزار مفید با مرز کاربرد روشن	۴۵
۴-۲. شبکه‌های شعاعی و مدل جریان شاخه	۴۶
۱-۴-۲. گسترش سه‌فاز نامتعادل برای شبکه توزیع فعال	۴۹

- ۵-۲. مدل ژنراتورهای قابل کنترل و قيود بين‌زمانی ۵۱
- ۶-۲. منابع تجديدپذير و منابع مبدل محور ۵۱
- ۷-۲. ذخيره‌ساز انرژي: کوپل قدرت و انرژي ۵۵
- ۸-۲. بار انعطاف‌پذير، پاسخگویی بار و خودروهای برقی ۵۶
- ۹-۲. قيود شبکه به‌عنوان مرز مجموعه شدنی ۵۷
- ۱۰-۲. از مدل فیزیکی تا طبقه مسئله بهینه‌سازی ۵۸
- ۱۱-۲. مقیاس‌گذاری، شرطی‌بودن و خطاهای عددی ۶۰
- ۱۲-۲. پروتکل پنج‌مرحله‌ای اعتبارسنجی مدل ۶۰
- ۱۳-۲. مطالعه نمونه: صورت‌بندی یک ریزشبکه متصل به شبکه ۶۲
- ۱۴-۲. نکات کنترلی پیش از ورود به فصل‌های بهینه‌سازی ۶۳
- ۱۵-۲. جمع‌بندی فصل ۶۴
- تمرین‌ها و مسائل پژوهشی فصل ۲ ۶۵
- فصل سوم: بهره‌برداری بهینه: پخش اقتصادی، تعهد واحدهای تولید و پخش بار بهینه ۶۷**
- ۱-۳. پخش اقتصادی: ساده‌ترین هسته تصمیم بهره‌برداری ۶۹
- ۲-۳. چرا پخش اقتصادی برای سیستم واقعی کافی نیست؟ ۷۲
- ۳-۳. تعهد واحدها: تصمیم دودویی با پیامدهای فیزیکی ۷۲
- ۴-۳. حداقل زمان روشن و خاموش: حافظه منطقی واحد ۷۵
- ۵-۳. رمپ، راه‌اندازی و رزرو: ظرفیت اسمی با انعطاف‌پذیری یکسان نیست ۷۶
- ۶-۳. ورود شبکه: از تخصیص تولید به پخش بار بهینه ۷۷
- ۷-۳. پخش بار بهینه جریان متناوب: مسئله اقتصادی روی منیفلد فیزیکی نامحدب ۸۰
- ۸-۳. تعهد واحدهای مقید به شبکه و امنیت ۸۱

۹-۳	قیمت مکانی و تفسیر دوگان قیود شبکه	۸۳
۱۰-۳	فرمول‌بندی چنددوره‌ای: ارزش تصمیم امروز در قید فردا	۸۴
۱۱-۳	استحکام فرمول‌بندی و معیار توقف حل گر	۸۴
۱۲-۳	نگاشت مسئله مهندسی به کلاس بهینه‌سازی	۸۵
۱۳-۳	پروتکل معیارسنجی محاسباتی فصل	۸۶
۱۴-۳	مطالعه نمونه آموزشی: سه واحد، چهار ساعت و یک تصمیم غیرمحلی در زمان	۸۷
۱۵-۳	چک‌لیست اعتبارسنجی پیش از پذیرش جواب	۸۸
۱۶-۳	جمع‌بندی فصل	۸۸
تمرین‌ها و مسائل پژوهشی فصل ۳		۸۹
فصل چهارم: تصمیم‌گیری تحت عدم قطعیت و ریسک		
۱-۴	نخستین تفکیک: عدم قطعیت ذاتی، معرفتی و ناشی از داده	۹۳
۲-۴	سناریو باید مسیر زمانی معتبر داشته باشد، نه فقط چند عدد تصادفی	۹۴
۳-۴	برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای: تصمیم پایه و تصمیم جبرانی	۹۷
۴-۴	قیود احتمالی: امنیت را با احتمال نقض تعریف کنیم	۱۰۰
۵-۴	از احتمال نقض تا شدت زیان: ارزش در معرض ریسک و ریسک شرطی	۱۰۲
۶-۴	بهینه‌سازی مقاوم: تضمین برای همه تحقق‌های یک مجموعه	۱۰۴
۷-۴	بهینه‌سازی مقاوم قابل تنظیم و ارزش سیاست‌های اصلاحی	۱۰۵
۸-۴	بهینه‌سازی مقاوم توزیعی: وقتی خود توزیع نامطمئن است	۱۰۶
۹-۴	عدم قطعیت وابسته به تصمیم: وقتی تصمیم، توزیع آینده را عوض می‌کند	۱۰۹
۱۰-۴	مقایسه چهار خانواده: انتخاب روش باید از نوع تضمین آغاز شود	۱۱۰

- ۱۱-۴. آزمون بیرون نمونه: مهم ترین سد در برابر خودفریبی مدل ۱۱۳
- ۱۲-۴. مطالعه عددی آموزشی: برنامه روزپیش یک سامانه تک شین ۱۱۵
- ۱۳-۴. روش های حل: ساختار عدم قطعیت باید در الگوریتم منعکس شود ۱۱۸
- ۱۴-۴. خطاهای روش شناختی رایج ۱۱۹
- ۱۵-۴. پروتکل پیشنهادی انتخاب روش برای یک مسئله جدید ۱۲۰
- ۱۶-۴. جمع بندی فصل ۱۲۱
- تمرین ها و مسائل پژوهشی فصل ۴ ۱۲۱
- فصل پنجم: ریز شبکه، منابع انرژی توزیع شده و ذخیره ساز: مکان یابی، ظرفیت گذاری و زمان بندی ۱۲۳**
- ۱-۵. مسئله تصمیم: چرا مکان، اندازه و بهره برداری باید هم زمان دیده شوند؟ ۱۲۴
- ۲-۵. معماری فیزیکی ریز شبکه و مرز تبادل با شبکه ۱۲۶
- ۳-۵. مدل ذخیره ساز: از تراز انرژی تا محدودیت های واقعی ۱۲۸
- ۱-۳-۵. قید انتهای افق و مسئله «قرض گرفتن انرژی از آینده» ۱۲۹
- ۴-۵. فرسایش باتری و هزینه چرخه عمر ۱۲۹
- ۵-۵. مدل تولید خورشیدی و بادی: ظرفیت اسمی در برابر توان قابل بهره برداری ۱۳۲
- ۶-۵. تابع هدف چرخه عمر و ارزش گذاری تصمیم سرمایه ای ۱۳۳
- ۷-۵. قیود شبکه: چرا تراز انرژی برای تعیین مکان کافی نیست؟ ۱۳۳
- ۸-۵. بهره برداری شبکه متصل و جزیره ای ۱۳۴
- ۹-۵. عدم قطعیت در طراحی ریز شبکه ۱۳۵
- ۱۰-۵. روش های حل و ساختار محاسباتی ۱۳۶
- ۱۱-۵. مطالعه آموزشی یکپارچه: انتخاب ظرفیت فتوولتائیک و ذخیره ساز باتری ۱۳۶

- ۱۲-۵. افق‌های زمانی و طراحی چندمقیاسی ۱۳۸
- ۱۳-۵. خطاهای روش‌شناختی رایج ۱۳۹
- ۱۴-۵. ظرفیت توان راکتیو مبدل و ارزش مکانی ذخیره‌ساز ۱۳۹
- ۱۵-۵. مدل‌سازی عمر باتری: از عبور انرژی تا چرخه کامل معادل ۱۴۰
- ۱۶-۵. انتخاب روزهای نماینده و حفظ رخدادهای طراحی ۱۴۱
- ۱۷-۵. ارزش دوگانی قیود و تشخیص علت سرمایه‌گذاری ۱۴۲
- ۱۸-۵. طراحی آزمایش برای مقایسه معماری‌های ریزشبکه ۱۴۳
- ۱-۱۸-۵. مرز اعتبار مدل و کنترل پس از حل ۱۴۴
- ۱۹-۵. جمع‌بندی فصل ۱۴۴
- تمرین‌ها و مسائل پژوهشی فصل ۵ ۱۴۵
- فصل ششم: برنامه‌ریزی و بازآرایی شبکه توزیع آینده ۱۴۷**
- ۱-۶. برنامه‌ریزی توسعه به‌عنوان مسئله چندمرحله‌ای ۱۴۷
- ۲-۶. تراز بین توسعه فیزیکی و بهره‌برداری ۱۴۹
- ۳-۶. بازآرایی شبکه و شرط شعاعی‌بودن ۱۵۰
- ۴-۶. ظرفیت میزبانی: عددی وابسته به فرض‌ها، نه ویژگی ثابت شبکه ۱۵۲
- ۵-۶. گزینه‌های غیرسیمی و ارزش تعویق سرمایه‌گذاری ۱۵۳
- ۶-۶. برنامه‌ریزی تحت رشد نامطمئن بار و منابع انرژی توزیع‌شده ۱۵۵
- ۷-۶. افت ولتاژ، تلفات و مکان منابع انرژی توزیع‌شده ۱۵۵
- ۸-۶. مدل برنامه‌ریزی هماهنگ منابع و شبکه ۱۵۶
- ۹-۶. امنیت، قابلیت اطمینان و معیار خروج تک‌تجهیز ۱۵۷

- ۱۰-۶. مطالعه آموزشی: تقویت کابل یا ذخیره‌ساز؟..... ۱۵۷
- ۱۱-۶. روش حل و مقیاس‌پذیری..... ۱۵۸
- ۱۲-۶. کنترل کیفیت مدل برنامه‌ریزی..... ۱۵۹
- ۱۳-۶. فرمول‌بندی دقیق شعاعی‌بودن و جلوگیری از حلقه‌های مصنوعی..... ۱۵۹
- ۱۴-۶. هماهنگی تپ ترانس، خازن، مبدل و بازآرایی..... ۱۶۰
- ۱۵-۶. ظرفیت میزبانی احتمالاتی و احتمال نقض..... ۱۶۱
- ۱۶-۶. برنامه‌ریزی چندمرحله‌ای، ارزش تعویق و اختیار مدیریتی..... ۱۶۲
- ۱۷-۶. شاخص‌های اقتصادی برای مقایسه تقویت سیمی و غیرسیمی..... ۱۶۳
- ۱-۱۷-۶. یک محاسبه آموزشی برای ارزش تعویق..... ۱۶۴
- ۱۸-۶. اعتبارسنجی پس از برنامه‌ریزی و آزمون تنش..... ۱۶۵
- ۱-۱۸-۶. از جواب بهینه تا تصمیم سرمایه‌گذاری قابل دفاع..... ۱۶۵
- ۱۹-۶. جمع‌بندی فصل..... ۱۶۶
- تمرین‌ها و مسائل پژوهشی فصل ۶..... ۱۶۶
- فصل هفتم: انعطاف‌پذیری بار، خودرو برقی و تبادل توان خودرو با شبکه..... ۱۶۷**
- ۱-۷. تعریف عملی انعطاف‌پذیری..... ۱۶۷
- ۲-۷. کوپل حمل‌ونقل و سیستم قدرت..... ۱۶۹
- ۳-۷. مدل انرژی باتری خودرو و شرط خروج..... ۱۷۰
- شکل ۲-۷. پنجره زمانی انعطاف‌پذیری خودرو از ورود تا خروج..... ۱۷۲
- ۴-۷. شارژ هوشمند در برابر شارژ کنترل‌نشده..... ۱۷۲
- ۵-۷. تبادل توان خودرو با شبکه و هزینه فرسایش..... ۱۷۳

شکل ۳-۷. نمایش مفهومی مصالحه میان شدت تبادل توان خودرو با شبکه، قیمت انرژی و هزینه کل.....	۱۷۴
۶-۷. مدل تجمیع گر ناوگان.....	۱۷۴
۷-۷. انعطاف حرارتی ساختمان.....	۱۷۵
۸-۷. انعطاف‌پذیری به‌عنوان محصول بازار یا قید شبکه.....	۱۷۷
۹-۷. عدم‌قطعیت رفتار کاربر.....	۱۷۸
۱۰-۷. عدالت و توزیع هزینه/منفعت.....	۱۷۸
۱۱-۷. مطالعه آموزشی: کنترل پیک یک ترانس توزیع.....	۱۷۹
۱۲-۷. ارتباط با برنامه‌ریزی شبکه.....	۱۸۱
۱۳-۷. روش‌های حل.....	۱۸۱
۱۴-۷. ماتریس دسترس‌پذیری خودرو و شرط سازگاری سفر.....	۱۸۱
۱۵-۷. ظرفیت شارژر، فیدر و تراکم هم‌زمانی.....	۱۸۳
۱۶-۷. تبادل توان خودرو با شبکه به‌عنوان خدمت چندبازاره و جلوگیری از فروش مضاعف.....	۱۸۳
۱۷-۷. مدل حرارتی ترانسفورماتور و هزینه پیک پنهان.....	۱۸۴
۱۸-۷. اثر بازگشتی، بازیابی انرژی و خطر جابه‌جایی مصنوعی پیک.....	۱۸۵
۱۹-۷. عدم‌قطعیت رفتاری، پذیرش کاربر و ظرفیت قابل اتکا.....	۱۸۵
۲۰-۷. معیارهای ارزیابی انعطاف‌پذیری و خط مبنای درست.....	۱۸۶
۱-۲۰-۷. انعطاف اسمی با انعطاف قابل اتکا یکسان نیست.....	۱۸۷
۲۱-۷. جمع‌بندی فصل.....	۱۸۷
تمرین‌ها و مسائل پژوهشی فصل ۷.....	۱۸۸

فصل هشتم: بهینه‌سازی چندهدفه و تصمیم‌گیری چندمعیاره..... ۱۸۹

۱-۸. از یک جواب به مجموعه پارتو..... ۱۹۰

۲-۸. تعریف هدف‌ها و کنترل واحدها..... ۱۹۱

۳-۸. روش مجموع وزن‌دار و محدودیت آن..... ۱۹۲

۴-۸. روش اپسیلون-قید..... ۱۹۳

۵-۸. الگوریتم‌های تکاملی: کاربرد و الزامات گزارش..... ۱۹۴

۶-۸. از جبهه پارتو تا انتخاب تصمیم..... ۱۹۴

۷-۸. ماتریس تصمیم و نرمال‌سازی..... ۱۹۶

۸-۸. تعیین وزن‌ها و خطر «عینیت کاذب»..... ۱۹۷

۹-۸. چندهدفه کردن قابلیت اطمینان و تاب‌آوری..... ۱۹۸

۱۰-۸. چندهدفه کردن آلاینده‌گی..... ۱۹۸

۱۱-۸. تشخیص نقطه زانو..... ۱۹۹

۱۲-۸. مطالعه آموزشی: هزینه، آلاینده‌گی و انرژی تأمین‌نشده..... ۲۰۱

۱۳-۸. ارزیابی آماری الگوریتم‌های چندهدفه..... ۲۰۱

۱۴-۸. جدول پرداخت و نقاط آرمانی و ضدآرمانی..... ۲۰۲

۱۵-۸. تولید منظم جبهه پارتو با روش اپسیلون-قید..... ۲۰۳

۱۶-۸. معیارهای کیفیت جبهه پارتو برای الگوریتم‌های فراابتکاری..... ۲۰۴

۱۷-۸. نقطه زانو: تعریف هندسی و تفسیر مهندسی..... ۲۰۵

۱۸-۸. پایداری رتبه‌بندی در تصمیم‌گیری چندمعیاره..... ۲۰۶

۱۹-۸. چندهدفه تحت عدم قطعیت: جبهه پارتو روی کدام آینده؟..... ۲۰۶

۲۰-۸. پروتکل گزارش یک مطالعه چندهدفه قابل دفاع..... ۲۰۷

- ۲۰-۸. جبهه پارتو پایان تحلیل نیست ۲۰۸
- ۲۱-۸. جمع‌بندی فصل ۲۰۹
- تمرین‌ها و مسائل پژوهشی فصل ۸ ۲۰۹
- فصل نهم: بازار برق، نیروگاه مجازی، تجارت همتابه‌همتا و برنامه‌ریزی دوسطحی ۲۱۱**
- ۱-۹. بازار روزآیند و بلادرنگ: جداسازی زمان تصمیم و تحقق ۲۱۱
- ۲-۹. نیروگاه مجازی به‌عنوان مسئله تجميع ۲۱۲
- ۳-۹. قیمت‌پذیر در برابر قیمت‌ساز ۲۱۳
- ۴-۹. شرایط کاروش-کان-تاکر و تبدیل به مدل تک‌سطحی ۲۱۴
- ۵-۹. قیمت مکانی و نقش قید شبکه ۲۱۶
- ۶-۹. تجارت همتابه‌همتا و محدودیت فیزیکی مسیر توان ۲۱۶
- ۷-۹. نظریه بازی: تعادل در برابر بهینه اجتماعی ۲۱۸
- ۸-۹. چانه‌زنی و تخصیص منفعت ۲۱۸
- ۹-۹. عدم قطعیت قیمت و تولید در راهبرد پیشنهاد ۲۱۹
- ۱۰-۹. چندبازاره‌بودن و جلوگیری از دوباره‌فروشی ظرفیت ۲۱۹
- ۱۱-۹. مطالعه آموزشی: قیمت‌پذیر یا قیمت‌ساز؟ ۲۲۰
- ۱۲-۹. کنترل کیفیت مدل بازار ۲۲۰
- ۱۳-۹. تسویه دومرحله‌ای روزآیند-بلادرنگ و هزینه عدم‌توازن ۲۲۱
- ۱۴-۹. صورت اولیه بازار و تفسیر قیمت به‌عنوان متغیر دوگان ۲۲۲
- ۱۵-۹. برنامه‌ریزی دوسطحی: از رفتار راهبردی تا شرایط مکملیت ۲۲۲
- ۱۶-۹. هزینه استفاده از شبکه در تجارت همتابه‌همتا ۲۲۴

۱۷-۹. تعادل نش و تفاوت آن با کمینه‌سازی هزینه کل	۲۲۴
۱۸-۹. تخصیص منفعت: شاپلی، چانه‌زنی نش و شرط مشارکت	۲۲۵
۱۹-۹. هم‌بهینه‌سازی انرژی و خدمات جانبی	۲۲۶
۲۰-۹. پروتکل اعتبارسنجی مدل بازار و راهبرد پیشنهاد	۲۲۷
۲۰-۹-۱. اعتبار تبدیل دوسطحی و تفسیر قیمت	۲۲۷
۲۱-۹. جمع‌بندی فصل	۲۲۸
تمرین‌ها و مسائل پژوهشی فصل ۹	۲۲۸
فصل دهم: سیستم‌های چندانرژی و هیدروژن	۲۲۹
۱-۱۰. هاب انرژی و تراز حامل‌ها	۲۲۹
۲-۱۰. مدل الکترولایزر	۲۳۰
۳-۱۰. ذخیره هیدروژن و مقیاس فصلی	۲۳۱
۴-۱۰. پیل سوختی و بازتبدیل هیدروژن به برق	۲۳۳
۵-۱۰. کوپل برق و حرارت	۲۳۳
۶-۱۰. ماتریس کوپل انرژی	۲۳۴
۷-۱۰. ظرفیت‌گذاری هماهنگ تجهیزات	۲۳۵
۸-۱۰. قیمت کربن و تجارت انتشار	۲۳۶
۹-۱۰. عدم قطعیت و ریسک چندحاملی	۲۳۷
۱۰-۱۰. تجميع زمانی و خطای ذخیره فصلی	۲۳۷
۱۱-۱۰. مطالعه آموزشی: برق مازاد و تولید هیدروژن	۲۳۸
۱۲-۱۰. روش‌های حل	۲۳۹
۱۳-۱۰. کنترل کیفیت ترمودینامیکی و اقتصادی	۲۳۹

۱۰-۱۴.	راندمان جزئی بار الکترولایزر و خطای راندمان ثابت	۲۳۹
۱۰-۱۵.	دینامیک ذخیره هیدروژن، فشار و محدودیت توان خروجی	۲۴۰
۱۰-۱۶.	مسیر برق-هیدروژن-برق و راندمان رفت و برگشت	۲۴۱
۱۰-۱۷.	کوپل حرارتی و بازیافت گرما	۲۴۱
۱۰-۱۸.	ذخیره فصلی و ضرورت حفظ توالی زمانی	۲۴۲
۱۰-۱۹.	حسابداری کربن: انتشار مستقیم، برق شبکه و انتشار نهفته	۲۴۳
۱۰-۲۰.	طراحی چندهدفه و ارزش انعطاف حامل‌ها	۲۴۳
۱۰-۲۰-۱.	بازده تبدیل و ارزش واقعی کوپل حامل‌ها	۲۴۵
۱۰-۲۱.	جمع‌بندی فصل	۲۴۵
تمرین‌ها و مسائل پژوهشی فصل ۱۰		۲۴۶
فصل یازدهم: تاب‌آوری، جزیره‌ای شدن و بازیابی شبکه		
۱۱-۱.	چرخه تاب‌آوری و متغیرهای تصمیم	۲۴۷
۱۱-۲.	منحنی زمانی و تفکیک جذب از بازیابی	۲۴۸
۱۱-۳.	مدل سناریوی خرابی هم‌بسته	۲۴۹
۱۱-۴.	جزیره‌ای شدن و تشکیل ریزشبکه موقت	۲۵۰
۱۱-۵.	اولویت بار و انرژی تأمین‌نشده وزنی	۲۵۱
۱۱-۶.	ذخیره‌ساز به‌عنوان منبع تاب‌آوری	۲۵۲
۱۱-۷.	هماهنگی تعمیر و بازیابی الکتریکی	۲۵۳
۱۱-۸.	پیش‌مکان‌یابی منابع سیار	۲۵۴
۱۱-۹.	شاخص‌های تاب‌آوری و خطر یک شاخص واحد	۲۵۴

۱۰-۱۱.	حمله سایبری-فیزیکی و عدم قطعیت اطلاعات	۲۵۵
۱۱-۱۱.	مطالعه آموزشی: سرعت بازیابی در برابر ظرفیت پشتیبان	۲۵۵
۱۲-۱۱.	روش حل	۲۵۶
۱۳-۱۱.	کنترل کیفیت و محدودیت تعمیر	۲۵۶
۱۴-۱۱.	تابع خدمت و مساحت افت عملکرد	۲۵۶
۱۵-۱۱.	مدل شکنندگی و خرابی‌های هم‌بسته	۲۵۷
۱۶-۱۱.	تشکیل ریزش شبکه شبکه‌ای و قیود منبع شکل دهنده شبکه	۲۵۸
۱۷-۱۱.	زمان‌بندی تیم تعمیر و مسیر حرکت	۲۵۸
۱۸-۱۱.	منابع سیار و لجستیک انرژی	۲۵۹
۱۹-۱۱.	معیارهای عدالت در بازیابی	۲۶۰
۲۰-۱۱.	تاب‌آوری سایبری-فیزیکی و تصمیم با اطلاعات ناقص	۲۶۰
۲۱-۱۱.	پروتکل آزمون تنش تاب‌آوری	۲۶۱
۱-۲۱-۱۱.	تاب‌آوری بدون سناریوی خرابی معتبر، عددی تزئینی است	۲۶۲
۲۲-۱۱.	جمع‌بندی فصل	۲۶۲
۲۶۳	تمرین‌ها و مسائل پژوهشی فصل ۱۱	۲۶۳
۲۶۵	فصل دوازدهم: بهینه‌سازی توزیع‌شده و تصمیم‌گیری بلادرنگ	۲۶۵
۱-۱۲.	معماری متمرکز، غیرمتمرکز و توزیع‌شده	۲۶۵
۲-۱۲.	روش جهت متناوب ضرایب	۲۶۷
۳-۱۲.	معیار توقف و ادعای همگرایی	۲۶۸
۴-۱۲.	تجزیه بندرز برای تصمیم سرمایه‌گذاری- بهره‌برداری	۲۶۸
۵-۱۲.	تجزیه لاگرانژی و قیمت هماهنگی	۲۷۰

۶-۱۲. افق غلتان و تصمیم بلادرنگ.....	۲۷۱
۷-۱۲. بهینه‌سازی لیاپانوف و تصمیم بدون پیش‌بینی بلندمدت	۲۷۲
۸-۱۲. تأخیر ارتباط و حریم داده	۲۷۳
۹-۱۲. مطالعه آموزشی: حل متمرکز در برابر روش جهت متناوب ضرایب	۲۷۳
فصل سیزدهم: پیوند هوش مصنوعی و تحقیق در عملیات	
۱-۱۳. معماری ترکیبی داده-یادگیری-بهینه‌سازی	۲۷۵
۲-۱۳. الگوی پیش‌بینی سپس بهینه‌سازی	۲۷۶
۳-۱۳. یادگیری تصمیم‌محور	۲۷۷
۴-۱۳. مدل جانشین برای پخش بار و پخش بار بهینه	۲۷۸
۵-۱۳. شروع گرم و یادگیری برای تسریع حل	۲۷۹
۶-۱۳. یادگیری تقویتی در کنترل انرژی	۲۸۰
۷-۱۳. یادگیری تقویتی ایمن و پوسته ایمنی	۲۸۱
۸-۱۳. یادگیری آگاه از فیزیک و قیود.....	۲۸۲
۹-۱۳. عدم قطعیت پیش‌بینی و تصمیم	۲۸۲
۱۰-۱۳. داده، تغییر توزیع و داده خارج از توزیع آموزش	۲۸۲
۱۱-۱۳. مطالعه آموزشی: مدل جانشین برای غربال پخش بار بهینه	۲۸۳
۱۲-۱۳. معیارهای ارزیابی هوش مصنوعی در مسائل قدرت	۲۸۳
۱۳-۱۳. کنترل تکرارپذیری	۲۸۴
۱۴-۱۳. معیار حسرت تصمیم در برابر خطای پیش‌بینی	۲۸۴
۱۵-۱۳. یادگیری تصمیم‌محور و مشتق‌پذیری لایه بهینه‌سازی	۲۸۵