

# ریز شبکه‌ها و شبکه‌های توزیع فعال

تألیف:

اس. چاودوری، اس. پی. چاودوری و پی. کراسلی

مترجمان:

محمود جورابیان: استاد دانشگاه شهید چمران اهواز  
(استاد نمونه کشوری سال ۱۳۹۱)

گئورگ قره پتیان: استاد دانشگاه صنعتی امیر کبیر  
(استاد نمونه کشوری سال ۱۳۸۷)

حسین قاسمی: دانشجوی دکترای مهندسی برق

۱۳۹۴

## ریز شبکه‌ها و شبکه‌های توزیع فعال.

مترجمان: محمود جورابیان، گئورگ قره پتیان، حسین قاسمی

اعضای شورای کمیسیون تخصصی علوم پایه، فنی و مهندسی: دکتر ناهید پوررضا، دکتر خلیل رنجبر، دکتر مهرداد نامداری، دکتر چینی برداز، دکتر نصراله کلاتتری، دکتر مرتضی رزاز، دکتر محمد فروغمند، دکتر هوشنگ پورکاسب، دکتر حبیب... عصاره.

ویراستار علمی: دکتر سیدسعید... مرتضوی.

ویراستار ادبی: دکتر محمود رضائی دشت ارژنه.

ناشرین: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)، مرکز منطقه ای اطلاع رسانی علوم و فناوری،

دانشگاه شهید چمران اهواز

چاپ دوم: ۱۰۰۰ نسخه

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: پردیس

طراحی جلد: مارال گرافیک

سرشناسه	: چودری، سونترا <b>Chowdhury, S.(Sunetra)</b>
عنوان و نام پدیدآور	: ریز شبکه‌ها و شبکه‌های توزیع فعال / تالیف اس. چاودوری، اس. پی. چاودوری، پی. کراسلی؛ مترجمان محمود جورابیان، گئورگ قره پتیان، حسین قاسمی.
مشخصات نشر	: اهواز: دانشگاه شهید چمران، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ن، ۴۵۷ ص: مصور، نمودار.
فروست	: انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز؛ ۶۱۴.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۴۱-۱۲۴-۳
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: <b>Microgrids and active distribution networks, 2009</b>
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: برق -- تولید غیر متمرکز
شناسه افزوده	: چاودوری، اس. پی.
شناسه افزوده	: <b>Chowdhury, S. P.</b>
شناسه افزوده	: کراسلی، پی.
شناسه افزوده	: <b>Crossley, P.</b>
شناسه افزوده	: جورابیان، محمود، ۱۳۴۰ - مترجم
شناسه افزوده	: قره پتیان، گیورگ، ۱۳۴۱ - مترجم
شناسه افزوده	: قاسمی، حسین، ۱۳۶۶ - مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه شهید چمران اهواز
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۲/۹۹/ج/TK۱۰۰۶
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۱۵۴۷۳۴

اعضای شورای علمی مرکز منطقه‌ای اطلاع رسانی علوم و فناوری و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام  
دکتر محمدجواد دهقانی (رئیس شورا)، دکتر کرامت‌اله ایزدپناه، دکتر شعله ارسطوپور، دکتر  
شاهرخ جم، دکتر عزت‌اله رئیسی، دکتر علیرضا سپاسخواه، دکتر هاجر ستوده، دکتر علی اکبر  
صفوی، دکتر حمید علینزاده، دکتر محمدمهدی علیشاهی، دکتر محمدرضا قانع، دکتر علی گزنی،  
دکتر جلیل مقدسی، دکتر محمد نمازی.

مرکز منطقه‌ای اطلاع رسانی علوم و فناوری (RICEST) و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)

روابط عمومی: ۰۷۱-۳۶۴۶۸۴۲۱ انتشارات: ۰۷۱-۳۶۴۶۸۴۵۲ نامبر: ۰۷۱-۳۶۴۶۸۳۵۲

صفحه خانگی: [www.ricest.ac.ir](http://www.ricest.ac.ir)

توزیع کتاب: انتشارات مرکز منطقه‌ای: ۰۷۱-۳۶۴۶۸۴۵۲

پست الکترونیک: [publication@ricest.ac.ir](mailto:publication@ricest.ac.ir)

قیمت: ۱۶۰/۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای ناشرین محفوظ است.



آبان ماه ۱۳۹۲

کنفرانس بین المللی برق

## جناب آقای حسین قاسمی

بر اساس نظریات داوران و کمیته علمی میست و هشتمین کنفرانس بین المللی برق کتاب ارزشمند ریز شبکه ها و شبکه های توزیع فعال که با کوشش جنابعالی به زیور چاپ آراسته شد، به عنوان کتاب برگزیده صنعت برق کشور در سالهای ۹۲-۱۳۹۱ انتخاب شده است.

با ابراز خرنندی و تبریک به مناسبت احرار از پنجم توفیقی، از خداوند متعال سلامت و پیشرفت روز افزون آن جناب در جهت استمرار تحمیدن به کوشش های علمی، پژوهشی جمهوری اسلامی ایران را مسلت می نمایم.

حمید چیت چیان

وزیر نیرو

## به نام خدا

نظر به اهمیت نقش اطلاع‌رسانی در زمینه‌های مختلف علوم و تکنولوژی، به منظور پاسخ‌گویی به نیازهای محققان و کارشناسان، و ارائه تازه‌ترین اطلاعات علمی و فنی در کوتاه‌ترین زمان، مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری براساس تفاهم‌نامه منعقد شده میان وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و فرهنگستان علوم جهان سوم در سال ۱۳۷۰ دایر و لایحه تاسیس آن در سال ۱۳۷۵ از تصویب مجلس شورای اسلامی و شورای نگهبان گذشت. این مرکز در چهارچوب ضوابط و مقررات آموزش عالی جمهوری اسلامی ایران فعالیت می‌نماید.

مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری از طریق توزیع آخرین اطلاعات علمی و فنی و نیز کمک به تامین منابع علمی مورد نیاز دانشگاهها، سازمان‌ها و نهادهای تحقیقاتی و متخصصان داخلی و منطقه‌ای برای ارتقاء سطح علمی جمهوری اسلامی ایران و سایر کشورهای منطقه فعالیت می‌نماید.

کتاب «ریزشبکه‌ها و شبکه‌های توزیع فعال» که به عنوان کتاب برگزیده صنعت برق کشور انتخاب شده است در راستای تحقق اهداف فوق تهیه شده و مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری افتخار دارد که هفتاد و چهارمین اثر خود را که حاصل تلاش فکری جناب آقای محمود جورابیان، گئورگ قره‌پتیان و حسین قاسمی است به زیور طبع بیاراید و تقدیم جامعه علمی و فنی نماید.

امید است اقداماتی از این قبیل موجبات رضایت هرچه بیشتر جامعه علمی و فنی ایران را فراهم آورده و در راستای هدف ما که نشر و اشاعه اطلاعات علمی و فنی است موثر واقع گردد.

**دکتر محمدجواد دهقانی**

**رئیس مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری**

**و سرپرست پایگاه استنادی علوم جهان اسلام**

مسائلی که بدلیل سطح فعلی تفکر ما بوجود می‌آیند، نمی‌توانند با همان سطح تفکر حل گردند.

### پیشگفتار مترجمان

توسعه سیستم‌های قدرت به عنوان بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین صنعت موجود جهان بسیار شگفت‌انگیز است. اما در حال حاضر شبکه‌های الکتریکی در ابتدای یک دوران تحول اساسی هستند. در این میان در ده سال اخیر، ریز شبکه‌های هوشمند و شبکه‌های توزیع فعال، مورد توجه خاص پژوهشگران بوده‌اند به طوری که همایش‌ها و بودجه‌های تحقیقاتی زیادی به این موضوع جدید اختصاص داده شده است. در واقع ریزشبکه‌ها به عنوان شبکه‌های ولتاژ پایین و ولتاژ متوسط، با داشتن مزایا و توانایی‌های موجود می‌توانند مجموعه‌ای از مزایای کلان و عمده را برای شبکه توزیع سراسری با بهبود بازده انرژی، کیفیت توان و قابلیت اطمینان برای رضایت مشتریان فراهم کنند.

در دسترس نبودن کتاب مناسب در زمینه ریزشبکه‌ها و شبکه‌های توزیع فعال مترجمین را بر آن داشت تا کتابی را در این زمینه برای دانشجویان کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری و استادان گرامی و پژوهشگران در شاخه برق به خصوص در گرایش قدرت و همچنین محققین حوزه‌های صنعت در طراحی و نصب سیستم‌های جدید یا به روز رسانی واحدهای موجود، تهیه و به ترجمه آن پردازند. این کتاب اولین کتاب در نوع خود است و صرف‌نظر از اعتبار قابل توجه مؤلفین آن، یکی از کتب درسی معتبر در دانشگاه‌های آمریکا، کانادا و برخی کشورهای پیشرفته دیگر می‌باشد.

این کتاب به جنبه‌های فن‌آوری انرژی‌های تجدیدپذیر و مسائل زیست محیطی می‌پردازد. تاکید بیشتر این کتاب بر ریزشبکه‌ها و فن‌آوری‌هایی که می‌تواند شبکه توزیع برق متداول غیرفعال را به شبکه فعال مرسوم در آینده تبدیل و همچنین یکپارچه‌سازی جدید در منابع تولید پراکنده و سیستم‌های تولید متمرکز و فن‌آوری جدید صنعت برق، تولید پراکنده، جنبه‌های اقتصادی، تجاری، کنترل و قابلیت سوددهی اقتصادی می‌باشد.

در اینجا لازم است از همه‌ی دوستانی که ما را در مراحل مختلف چاپ و ترجمه این کتاب یاری نمودند، صمیمانه تشکر نماییم. اینجانبان سعی کردیم که در عین امانتداری در ترجمه، مفاهیم کتاب را حتی‌المقدور ساده و روان بیان نماییم. در انتها امیدواریم کتاب حاضر مورد توجه و استفاده خوانندگان محترم قرار گیرد. اما بی‌شک چنین کتاب پر حجم و جدیدی خالی از اشکال نیست، لذا از کلیه صاحب‌نظران، اساتید و متخصصان صنعت و دانشگاه که با نظرات و پیشنهادهای خود ما را در پیراسته‌تر شدن این اثر و اصلاح چاپ‌های بعدی یاری می‌نمایند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

امید آنکه توانسته باشیم، با ترجمه این کتاب، خدمت ناچیزی را به جامعه علمی و صنعت کشور عرضه کرده باشیم.

صاحب‌نظران محترم می‌توانند نظرات خود را به ایمیل‌های زیر ارسال نمایند:

[mjoorabian@scu.ac.ir](mailto:mjoorabian@scu.ac.ir); [grptian@aut.ac.ir](mailto:grptian@aut.ac.ir); [hosein\\_ghasemi80@yahoo.com](mailto:hosein_ghasemi80@yahoo.com)

محمود جورابیان - گنورک قره پتیان - حسین قاسمی

۱۳۹۲

## پیش‌گفتار

کتاب دیگری در زمینه تولید پراکنده؟ اخیراً در زمینه منابع انرژی تجدیدپذیر و شبکه‌های توزیع فعال مطالب زیادی منتشر شده است و همچنین کنفرانس‌های متعددی به این موضوع اختصاص داده شده است. بودجه برنامه‌های تحقیقاتی و یارانه‌های تحت نظارت دولت موجب ایجاد انگیزه سرمایه‌گذاری در این حوزه جدید شده است. موارد یاد شده سبب استقبال از کتاب مذکور شده است.

باتوجه به علاقه مشترک و تجربه مکمل یکدیگر، سانترا چاودوری<sup>۱</sup>، اس.پی چاودوری<sup>۲</sup> و پتر کراسلی<sup>۳</sup> اقدام به جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی بسیاری از پیشرفت‌های ایجاد شده در مورد تولید پراکنده در طی ده سال گذشته کرده‌اند. کتاب آنها یک جانشین مناسب برای کتاب تولید پراکنده نوشته نیک جنکینز و همکارانش و همچنین انتشارات *IET* در سال ۲۰۰۰ است و بدون بازگو کردن مطالب تکراری، کتاب جدید فناوری به روز را به ارمغان می‌آورد.

نویسندگان از جنبه‌های فن‌آوری انرژی‌های نو که باعث می‌شود تا تولید پراکنده از نظر چشم اندازه‌های زیست‌محیطی جذابیت داشته باشد، غافل نبوده‌اند. هر چند، تاکید کتاب بر روی پشتیبانی از فناوری‌هایی است که می‌توانند شبکه‌های توزیع برق متداول غیر فعال را به شبکه‌های فعال مرسوم در آینده تبدیل کنند. تمرکز این کتاب بر روی یکپارچه‌سازی جدید در منابع پراکنده و سیستم‌های تولید متمرکز و همچنین اجازه دادن به فن‌آوری‌های جدید است، تا بتوانند به صورت موثری در سیستم‌های ایزوله انجام وظیفه نمایند.

الکترونیک مخابرات، ارتباطات و حفاظت، مفهوم "هوشمند" را در شبکه‌های آینده معرفی می‌کنند. این نکته که شبکه‌های هوشمند نمی‌توانند بهتر از مهندسين هوشمندی که طراحی و اجرای این شبکه‌ها را برعهده دارند باشند، معمولاً نادیده گرفته می‌شود.

---

1 - Sunetra Chowdhury

2 - P.S. Chowdhury

3 - Peter Crossley

جزئیات این فناوری در این کتاب به روشنی بیان شده که به‌عنوان یک مرجع ارزشمند برای تحقیق دانشجویان و مهندسين درگیر در برنامه‌ریزی، طراحی و نصب سیستم‌های جدید یا بروز رسانی واحدهای موجود در حال حاضر است.

اما این کتاب فقط برای متخصصان فنی نیست، زیرا فناوری به تنهایی، به ندرت نتیجه بخش است. طراحی‌های خوب در بستر مناسب با موفقیت انجام شده و به نتیجه رسیده اند. بنابراین این کتاب همچنین به ارائه جنبه‌های اقتصادی و تجاری سیستم‌های فعال و تولید پراکنده می‌پردازد که جهت تکمیل تخصص فنی مهندسان مورد نیاز است.

سخن آخر اینکه، این کتاب در زمانی بحرانی از تحول زیست محیطی و اقتصادی در صنعت برق منتشر شده است. برای بسیاری از افراد حاضر در صنعت و دانشجویانی که به این حوزه وارد خواهند شد، آینده متفاوت، گیج کننده، چالش برانگیز و مهیج خواهد بود. درک درست از موارد این کتاب به اشخاص و سازمان‌ها برای سازگاری با تغییرات کمک خواهد کرد. بله، این کتاب، کتابی متوازن، مرتبط با تولید پراکنده و خواندنی است و در زمانی مناسب به جا انتشار یافته است.

**پروفسور CT GUANT**

دانشگاه کیپ تاون<sup>۱</sup>



## مقدمه

مهندسان انرژی و برق، دانشگاهیان، پژوهشگران و سهامداران، مشکلات مربوط به کاهش منابع سوخت فسیلی، بازده انرژی پایین و آلودگی‌های زیست محیطی را در همه جا مورد سنجش و ارزیابی قرار می‌دهند. بنابراین یک گرایش جدید تولید محلی انرژی در سطوح ولتاژ توزیع و در مقیاس کوچک و با کربن پایین، منابع انرژی تجدیدپذیر و یا غیر متعارف، مثل گاز طبیعی، بیوگاز، نیروی بادی، فتوولتائیک خورشیدی، سلول سوختی، میکرو توربین، موتورهای استرلینگ و غیره و یکپارچه‌سازی این منابع در داخل یک شبکه توزیع عمومی است. این موضوع عنوان تولید توزیع شده یا تولید پراکنده<sup>۱</sup> (*DG*) نامیده شده و مولدها به عنوان منابع انرژی توزیع شده<sup>۲</sup> (*DERs*) یا ریزمنابع نامیده شده‌اند.

در اواخر سال ۱۹۹۰، مسائل عمده ای مربوط به تولید پراکنده به وسیله‌ی گروه‌های کاری *CIGRE* و *CIREN* مطرح و در گزارشات آنها به‌طور گسترده و فراگیر مورد بررسی قرار گرفت. به‌عنوان مثال بخشی از پروتکل کیوتو<sup>۳</sup>، بسیاری از کشورها را ملزم به برنامه ریزی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (محصولات فرعی نیتروژن و کربن) برای مقابله با تغییرات آب و هوایی و گرمای زمین کرده است. از این جهت بسیاری از دولت‌ها در حال فعالیت بر روی تولید انرژی از منابع جدید و به کارگیری سیاست‌هایی برای حمایت مناسب و به‌کارگیری از فن‌آوری با تولید دی اکسید کربن پایین هستند. شبکه‌های الکتریکی مرسوم در حال حاضر در دوران تحول اساسی، از شبکه‌های توزیع غیرفعال با انتقال انرژی تک جهته به شبکه‌های توزیع فعال با انتقال انرژی دوجته هستند.

---

1-Distributed Generation (*DG*)

2 -Distributed Energy Resources (*DERs*)

3-Kyoto

شبکه‌های توزیع فعال نیازمند سیستم‌هایی با ترکیب انعطاف‌پذیر و کنترل هوشمند به‌منظور بهره‌برداری از انرژی پاک شبکه‌های توزیع فعال تجدیدپذیر هستند. همچنین باید فناوری شبکه‌های آینده مانند شبکه هوشمند (*smart grid*) یا ریزشبکه‌ها (*Microgrids*) را برای یکپارچه‌سازی و ادغام منابع انرژی توزیع شده (*DERs*) به‌کار گیرند. در حال حاضر باید راهبرد 'اتصال بی‌نظارت' (*fit-and-forget*) آرایش منابع تولید پراکنده در مدیریت شبکه فعال برای انطباق با نفوذ زیاد تولیدات پراکنده تغییر یابد. برای اینکه به‌کارگیری شبکه‌های توزیع فعال و ریزشبکه‌ها در سطح تجاری عملی شود، تحقیقات گسترده‌ای نیاز است، اما تحقیقات فقط محدود به نواحی زیر نیست.

- ۱) کنترل فعال ناحیه گسترده
- ۲) کنترل و حفاظت تطبیقی
- ۳) ادوات مدیریت شبکه
- ۴) شبیه‌سازی زمان واقعی شبکه
- ۵) اندازه‌گیری و سنسورهای پیشرفته
- ۶) ارتباط فراگیر توزیع شده
- ۷) کسب آگاهی به‌وسیله روش‌های هوشمند
- ۸) طراحی جدید سیستم‌های توزیع و انتقال

برای آگاهی بهتر، باید دانست که این اولین کتاب در نوع خود است که با فنون تکنیک‌های مختلف و جنبه‌های اقتصادی و مسائل مربوط به ریزشبکه‌ها و شبکه‌های توزیع فعال سروکار دارد. ریزشبکه‌ها، به‌عنوان شبکه‌های ولتاژ متوسط و ولتاژ پایین، با داشتن مزایا و پتانسیل‌های موجود می‌توانند یک سری از مزایای کلان و عمده را برای شبکه توزیع سراسری اصلی با بهبود بازده انرژی، کیفیت توان و قابلیت اطمینان برای رضایت مشتریان فراهم کنند.

البته، در تعداد زیادی از مسائل تنظیمی و فنی نیاز به نظارت دقیق، قبل از اجرای آنهاست. این کتاب با مفاهیم بنیادی، فناوری‌های تولیدی، چالش‌ها، عملکردها، جنبه‌های مدیریت و کنترل و قابلیت سوددهی اقتصادی (برگشت سرمایه) و مسائل

مشارکت تجاری ریزشبكة‌ها و شبکه‌های توزیع فعال در یک چشم‌انداز گسترده سروکار دارد.

فصل یک مفاهیم اساسی ریزشبكة‌ها و شبکه‌های توزیع فعال، نیازمندی‌های آن‌ها، چالش‌ها و مزایای فنی، تاثیرات اقتصادی و مدیریت‌های جداگانه و مسائل عملکردی را مطرح می‌کند.

فصل دو اصول اساسی عملکرد فناوری‌های مختلف منابع انرژی توزیع شده (*DER*) را که به‌طور معمول در ریزشبكة و شبکه‌های توزیع فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد مطرح می‌کند.

فصل سه اثرات فنی، اقتصادی، محیطی از مفاهیم ریزشبكة را مطرح می‌کند. ریزشبكة‌ها تاثیرات زیادی بر عملکرد شبکه اصلی و مشتریان آن‌ها دارند. این فصل جنبه‌های تولید حرارتی/الکتریکی (برق) و بهره‌برداری، فرایند بهینه‌سازی و اصلاحات بازار انرژی را برای تطبیق ریزشبكة‌ها با مزایای بالقوه محیطی پوشش می‌دهد. مسائل عمده مثل اصلاح بازار، تاثیرات بر سیستم توزیع، کاهش انتشار گازها، نیازمندی زیرساخت‌های ارتباطی، سرویس‌های فرعی، هماهنگی حفاظت و غیره همراه با جزییات در این فصل مطرح شده است.

درفصل چهار ویژگی‌های فنی سیستم‌های مدیریت شبکه‌های توزیع فعال و ریزشبكة‌ها و قابلیت اجرا را در بهره‌برداری یکپارچه ریزشبكة با شبکه توزیع اصلی مطرح می‌کند. این فصل همچنین جزئیات چگونگی و وسعت عملیاتی را که ممکن است با استفاده از کنترل‌کننده‌های مرکزی ریزشبكة و کنترل‌کننده‌های ریزمنابع مورد نیاز باشد بررسی می‌کند. در فصل پنج جزئیات سیستم‌های حفاظت ریزشبكة‌ها، نیازمندی‌های حفاظتی کاملاً متفاوت را در مقایسه با سیستم‌های توزیع مرسوم و واحدهای مستقل *DER* نصب شده، مطرح می‌کند.

درفصل شش پیشرفت مبدل‌های الکترونیک قدرت برای ریزشبكة‌ها، ریزمنابع و کنترل‌کننده‌های آن‌ها را مطرح می‌کند. واسط‌های الکترونیک قدرت در حال کار برای ریزشبكة‌ها و شبکه‌های توزیع فعال به‌طور مستقیم وابسته به پیشرفت سیستم کنترل

نظارتی و جمع‌آوری اطلاعات<sup>1</sup> (*SCADA*) و زیرساخت‌های مخابراتی در یک ناحیه یکسان هستند.

فصل هفت مخابرات و *SCADA* را در مدیریت ریزشبکه مطرح می‌کند. در فصل هشت مسائل مربوط به کیفیت توان و قابلیت اطمینان ریزشبکه و سیستم‌های توزیع فعال بیان می‌شود. در فصل نه و ده به ترتیب تاثیرات اقتصادی و بازار مشارکت در ریزشبکه‌ها بررسی می‌شود.

---

*1 - Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)*

## قدردانی

از مسئولین دانشگاه برونل<sup>۱</sup>، انگلستان<sup>۲</sup> (UK)، دانشگاه منچستر، دانشگاه جاداوپور<sup>۳</sup>، هند و دانشگاه کیپ تاون<sup>۴</sup> آفریقای جنوبی، برای فراهم کردن زیر ساخت‌های پژوهشی لازم که در نگارش این کتاب مفید بوده است سپاسگزار هستیم.

از استیون مایر<sup>۵</sup> و تیم ویراستاری او از *JET Stevenage*، بریتانیا (UK) و همچنین از کمیسیون ویراستاری لیزا<sup>۶</sup>، و تیم تولید (*IET*) و موسسه انتشاراتی مک میلان<sup>۷</sup> از جواناهاگز<sup>۸</sup> و لاوانیا اسماسوندراولو<sup>۹</sup> برای تلاش‌های طاقت فرسای تیم آنها جهت آماده کردن این کتاب و رفع مشکلات چاپی بسیار سپاسگزاریم. از پروفسور *FW* پترسون<sup>۱۰</sup>، ریاست دانشکده مهندسی و محیط زیست آن و پروفسور *CT* گاونت<sup>۱۱</sup> و پروفسور *BJ* داوینگ<sup>۱۲</sup>، روسای حال حاضر و گذشته گروه آموزشی مهندسی سیستم‌های الکتریکی دانشگاه کیپ تاون، برای تشویق‌ها و دلگرمی‌های آنها در مورد انتشار این کتاب سپاسگزاریم.

از محققان، با ذکر نام *RN Lahiri*, *AK Basu*, *MK Das*, *AK Saha* و *Sinha* برای غنی‌سازی ضمایم با استفاده از برخی از نتایج تحقیقاتی آنها سپاسگزاریم.

- 
- 1 - Brunel University
  - 2 - United Kingdom (UK)
  - 3 - Jadavpur University
  - 4 - Cape Town
  - 5 - Steven Mair
  - 6 - Lisa
  - 7 - Macmillan
  - 8 - Joanna Hughes
  - 9 - Somasundaravelu
  - 10 - FW Peterson
  - 11 - CT Gaunt
  - 12 - BJ Downing

همچنین از روسای امور وابسته به امور تحقیقاتی، با ذکر نام *MERI*، *CESC Ltd*،  
*CIEM* و *TCS Ltd* برای تشویق محققان در این تلاش گسترده سپاسگزاریم.  
در پایان، از همه‌ی دوستان و اعضای خانواده که به‌طور گسترده ما را مورد حمایت  
قرار داده‌اند تشکر و قدردانی می‌کنیم.

## فهرست مطالب

### فصل ۱/ تولید پراکنده و مفهوم ریزشبکه

- ۱-۱ تولید پراکنده ..... ۱
- ۲-۱ چرا یکپارچه‌سازی تولید پراکنده؟ ..... ۲
- ۳-۱ شبکه توزیع فعال ..... ۴
- ۴-۱ مفهوم ریزشبکه ..... ۶
- ۵-۱ پیکربندی یک ریزشبکه نمونه ..... ۸
- ۶-۱ پیوستگی ریزشبکه‌ها ..... ۱۵
- ۷-۱ مزایای اقتصادی و فنی ریزشبکه ..... ۱۶
- ۸-۱ چالش‌ها و معایب توسعه ریزشبکه ..... ۱۸
- ۹-۱ مسائل مدیریت و عملکرد یک ریزشبکه ..... ۲۰
- ۱۰-۱ اثرات متقابل دینامیکی ریزشبکه با شبکه اصلی ..... ۲۱
- ۱۱-۱ نتیجه‌گیری ..... ۲۲

### فصل ۲/ منابع انرژی توزیع شده

- ۱-۲ مقدمه ..... ۲۵
- ۲-۲ سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت (*CHP*) ..... ۲۶
- ۱-۲-۲ سیستم‌های ریزمنابع *CHP* ..... ۲۷
- ۱-۱-۲-۲ موتورهای احتراق داخلی (*IC*) ..... ۲۹
- ۲-۱-۲-۲ موتورهای استرلینگ ..... ۳۰
- ۳-۱-۲-۲ میکروتوربین‌ها ..... ۳۲

۴-۱-۲-۲ پیل‌های سوختی .....	۳۷
۳-۲ سیستم‌های تبدیل انرژی بادی (WECS) .....	۴۶
۱-۳-۲ سیستم‌های کاربردی توربین بادی .....	۴۷
۱-۱-۳-۲ توربین‌های بادی سرعت ثابت .....	۴۷
۲-۱-۳-۲ سیستم‌های توربین بادی سرعت متغیر .....	۴۹
۴-۲ سیستم‌های سلول خورشیدی یا فتوولتائیک (PV) .....	۵۰
۱-۴-۲ انواع سلول خورشیدی .....	۵۲
۱-۱-۴-۲ سیلیکون تک بلورین .....	۵۲
۲-۱-۴-۲ سیلیکون چند بلورین .....	۵۲
۳-۱-۴-۲ سیلیکون لایه نازک .....	۵۳
۴-۱-۴-۲ مرکب .....	۵۴
۵-۲ تولید برق هیدروالکتریک مقیاس کوچک .....	۵۶
۶-۲ منابع دیگر انرژی تجدیدپذیر .....	۵۷
۷-۲ تجهیزات ذخیره‌سازی .....	۵۸
۸-۲ نتیجه‌گیری .....	۵۸

### فصل ۳ / تأثیرات ریز شبکه‌ها

۱-۳ مقدمه .....	۵۹
۲-۳ تأثیر بر بهره‌برداری از حرارت .....	۶۱
۱-۲-۳ تأمین انرژی حرارتی .....	۶۲
۲-۲-۳ چیلرهای جذبی .....	۶۴



۳-۲-۳ خشک‌کن‌های رطوبت‌گیر.....	۶۵
۴-۲-۳ ذخیره انرژی حرارتی (TES).....	۶۶
۳-۳ تأثیر بر روی بهینه‌سازی فرآیند.....	۶۷
۱-۳-۳ بهینه‌سازی سیستم گرمایش تهویه هوای مطبوع.....	۶۷
۲-۳-۳ کیفیت توان.....	۷۱
۳-۳-۳ ملاحظات هزینه توان.....	۷۲
۴-۳-۳ هزینه‌های تراکم انتقال.....	۷۳
۵-۳-۳ ملاحظات هزینه ریز شبکه اصلی.....	۷۳
۴-۳ تأثیر بر بازار.....	۷۴
۱-۴-۳ امکانات در بازار برق.....	۷۵
۲-۴-۳ بازار گاز و مشکلات آن.....	۷۶
۳-۴-۳ اصلاحات مورد نیاز بازار.....	۷۷
۵-۳ تأثیر بر محیط زیست.....	۷۶
۱-۵-۳ حداقل کردن رسوب آلاینده‌ها.....	۷۹
۶-۳ تأثیر روی سیستم توزیع.....	۸۲
۱-۶-۳ خدمات جانبی.....	۸۳
۱-۱-۶-۳ کنترل ولتاژ و توان راکتیو.....	۸۵
۲-۱-۶-۳ تأمین رزرو.....	۸۵
۳-۱-۶-۳ تنظیم و ردیابی بار (پیروی بار).....	۸۷
۴-۱-۶-۳ خدمات جانبی دیگر.....	۸۸
۲-۶-۳ مسائل سیستم توزیع ریز شبکه.....	۸۹

۷-۳ تأثیر بر استانداردهای مخابراتی و پروتکل‌ها	۹۰
۱-۷-۳ پروتکل‌ها، روندهای ارتباطی و دروازه‌ها	۹۱
۲-۷-۳ مخابرات جایگزین	۹۲
۸-۳ نتیجه‌گیری	۹۴

#### فصل ۴/ سیستم مدیریت شبکه‌ی توزیع فعال و ریزشبکه

۱-۴ مقدمه	۹۷
۲-۴ نیازهای مدیریت شبکه‌ای ریزشبکه	۹۸
۱-۲-۴ کنترل تولید ریزمنبع	۹۹
۲-۲-۴ کنترل فرآیند خانگی	۱۰۰
۳-۲-۴ ذخیره‌سازی انرژی	۱۰۱
۴-۲-۴ تنظیم و جابجایی بار	۱۰۲
۵-۲-۴ خدمات جانبی	۱۰۴
۳-۴ کنترل‌کننده‌ی ریز منبع	۱۰۵
۱-۳-۴ عملکردهای کنترلی کنترل‌کننده‌ی ریزمنبع	۱۰۶
۱-۱-۳-۴ کنترل توان حقیقی و راکتیو	۱۰۶
۲-۱-۳-۴ کنترل ولتاژ	۱۰۸
۳-۱-۳-۴ لزوم ذخیره‌ساز برای دنباله‌روی سریع از بار	۱۰۹
۴-۱-۳-۴ تقسیم بار از طریق کنترل $P-F$	۱۰۹
۴-۴ کنترل‌کننده‌ی مرکزی	۱۱۱
۱-۴-۴ ماژول مدیریت انرژی (EMM)	۱۱۱

۱-۱-۴-۴	عملکردهای اساسی کنترل ریز منبع.....	۱۱۱
۲-۱-۴-۴	عملکرد ماژول مدیریت انرژی در یک ریزشبكة نمونه.....	۱۱۴
۳-۱-۴-۴	کنترل بارهای گرمایی.....	۱۱۵
۴-۱-۴-۴	بهینه‌سازی انرژی با حداکثر راندمان.....	۱۱۵
۵-۱-۴-۴	مدیریت ذخیره انرژی.....	۱۱۶
۶-۱-۴-۴	توانع کنترل اختیاری برای ماژول مدیریت انرژی هوشمند.....	۱۱۶
۲-۴-۴	ماژول هماهنگی حفاظت (PCM).....	۱۱۸
۱-۲-۴-۴	طرح حفاظت وضعیت متصل به شبکه.....	۱۱۸
۲-۲-۴-۴	طرح حفاظت برای حالت مستقل.....	۱۲۱
۳-۴-۴	اطلاعات مورد نیاز برای عملیات کنترل‌کننده‌ی مرکزی.....	۱۲۳
۱-۳-۴-۴	تعرفه، قیمت و اطلاعات تنظیمی.....	۱۲۳
۲-۳-۴-۴	کارآیی ریز منبع و نظارت.....	۱۲۴
۳-۳-۴-۴	پیش‌بینی‌های آب و هوا.....	۱۲۴
۴-۳-۴-۴	پیش‌بینی‌های بار.....	۱۲۵
۵-۳-۴-۴	سرویس‌دهی نا همگن.....	۱۲۵
۴-۴-۴	استراتژی‌های کنترل برای طراحی کنترل‌کننده‌ی مرکزی.....	۱۲۸
۱-۴-۴-۴	بهینه‌سازی زمان واقعی.....	۱۲۹
۲-۴-۴-۴	سیستم‌های خبره.....	۱۳۰
۳-۴-۴-۴	کنترل نامتمرکز و سلسله‌مراتبی.....	۱۳۱
۵-۴-۴	نتیجه‌گیری.....	۱۳۲

## فصل ۵ / مسائل حفاظتی ریزش شبکه‌ها

۱-۵ مقدمه .....	۱۳۳
۲-۵ جزیره‌های شدن: جدا شدن از شبکه برق .....	۱۳۶
۱-۱-۲-۵ جداسازی سریع از یک فیدر دارای خطا .....	۱۳۸
۲-۱-۲-۵ جداسازی بی مورد .....	۱۴۰
۳-۱-۲-۵ جداسازی در شرایط بدون خطا .....	۱۴۲
۴-۱-۲-۵ جداسازی ریزش شبکه صادرکننده توان .....	۱۴۴
۵-۱-۲-۵ سنکرون کردن مجدد .....	۱۴۴
۳-۵ مسائل حفاظتی مهم در ریزش شبکه جدا از شبکه .....	۱۴۵
۱-۳-۵ حفاظت سیستم توزیع ریزش شبکه .....	۱۴۵
۱-۱-۳-۵ حفاظت سیستم ولتاژ متوسط ریزش شبکه .....	۱۴۵
۲-۱-۳-۵ نیازمندی‌های رفع خطای ولتاژ پایین .....	۱۴۹
۳-۱-۳-۵ حضور منابع انرژی پراکنده در یک ریزش شبکه .....	۱۵۱
۲-۳-۵ حفاظت ریز منابع .....	۱۵۲
۱-۲-۳-۵ اصلاح محدوده‌های ولتاژ و فرکانس .....	۱۵۲
۲-۲-۳-۵ ضد جزیره‌ای .....	۱۵۳
۳-۲-۳-۵ قطع بار مدیریت سمت تقاضا .....	۱۵۳
۳-۳-۵ الزامات NEC برای حفاظت ترانسفورماتور توزیع .....	۱۵۶
۴-۳-۵ نیازمندی‌های زمین کردن نقطه ختشی .....	۱۵۶
۱-۴-۳-۵ روش‌های مختلف اتصال ترانسفورماتور میانی .....	۱۵۷

۲-۴-۳-۵ انتخاب سیستم زمین کردن ..... ۱۶۳

۴-۵ نتیجه گیری ..... ۱۶۳

### فصل ششم / رابط‌های الکترونیک قدرت

۱-۶ مقدمه ..... ۱۶۷

۲-۶ پیش زمینه ..... ۱۶۸

۱-۲-۶ معماری کامپیوتر استاندارد ..... ۱۶۹

۲-۲-۶ یکپارچه‌سازی در مقیاس خیلی بزرگ (VLSI) ..... ۱۷۰

۳-۶ گرایش‌های مبدل قدرت ..... ۱۷۰

۱-۳-۶ تولید و طراحی سفارشی ..... ۱۷۱

۲-۳-۶ بسته‌بندی اجزاء و یکپارچگی ماژول توان ..... ۱۷۱

۳-۳-۶ بلوک‌های سازنده الکترونیک قدرت (PEBB) ..... ۱۷۲

۴-۳-۶ طراحی چارچوب بسته‌بندی ..... ۱۷۳

۴-۶ چارچوب بلوک‌ها - باس‌ها - نرم‌افزارها (BBS) ..... ۱۷۳

۱-۴-۶ بلوک‌ها به‌عنوان اجزای مدولار ..... ۱۷۴

۱-۱-۴-۶ بلوک سوئیچینگ توان ..... ۱۷۵

۲-۱-۴-۶ بلوک تثبیت‌کننده ولتاژ ..... ۱۷۶

۳-۱-۴-۶ بلوک ترانسفورماتور ..... ۱۷۶

۴-۱-۴-۶ بلوک کنترل ..... ۱۷۷

۵-۱-۴-۶ بلوک سنسوری ..... ۱۷۷

۶-۱-۴-۶ بلوک عمومی کمکی ..... ۱۷۸

۱۷۸.....	۶-۴-۱-۷ بلوک ورودی / خروجی.....
۱۷۸.....	۶-۴-۲ باس ها به عنوان لینک های رابط.....
۱۷۹.....	۶-۴-۱-۲ باس توان.....
۱۷۹.....	۶-۴-۲-۲ باس حرارتی.....
۱۷۹.....	۶-۴-۳-۲ باس کنترل.....
۱۸۰.....	۶-۴-۴-۲ باس ساختاری.....
۱۸۰.....	۶-۴-۳ محیط طراحی نرم افزار سطح بالا.....
۱۸۱.....	۶-۵-۵ مسائل مربوط به چارچوب <i>BBS</i> .....
۱۸۲.....	۶-۵-۱ مدولار بودن.....
۱۸۲.....	۶-۵-۲ نسبت ابعاد.....
۱۸۳.....	۶-۵-۳ اندوکتانس پراکندگی.....
۱۸۳.....	۶-۵-۴-۱ تداخل الکترومغناطیسی.....
۱۸۴.....	۶-۵-۴-۲ تداخل حرارتی.....
۱۸۴.....	۶-۶ نتیجه گیری.....

## فصل ۷ / سیستم های کنترل نظارتی و اکتساب داده ها (*SCADA*) و شبکه های توزیع

### فعال

۱۸۷.....	۷-۱ مقدمه.....
۱۸۸.....	۷-۲ سیستم های <i>SCADA</i> اپراتورهای شبکه توزیع موجود.....
۱۸۹.....	۷-۳ کنترل سیستم های <i>SCADA</i> مبتنی بر اپراتورهای شبکه توزیع.....
۱۹۰.....	۷-۳-۱ سیستم های <i>SCADA</i> متمرکز.....

۱۹۱	۷-۳-۲ سیستم‌های SCADA توزیع شده
۱۹۱	۷-۴ سیستم‌های SCADA در ریزشبکه‌ها
۱۹۳	۷-۵ رابط کاربر-ماشین (HMI)
۱۹۴	۷-۶ قطعات سخت افزاری
۱۹۵	۷-۶-۱ واحد پایانه دوردست (RTU)
۱۹۷	۷-۶-۲ کنترل‌کننده منطقی برنامه‌پذیر (PLC)
۱۹۹	۷-۶-۳ کامپیوترهای رابط کاربر-ماشین و ایستگاه اصلی
۲۰۰	۷-۶-۴ زیرساخت مخابراتی سیستم‌های SCADA
۲۰۱	۷-۷ گرایش‌های مخابرات در سیستم‌های SCADA
۲۰۳	۷-۸ سیستم کنترل توزیع شده (DCS)
۲۰۵	۷-۹ استانداردسازی مخابرات پست
۲۰۷	۷-۱۰ معماری کنترل و مخابرات سیستم‌های SCADA
۲۰۷	۷-۱۱ ادوات مخابراتی
۲۰۹	۷-۱۲ ملاحظاتی در مورد سیستم‌های SCADA مخابراتی
۲۱۴	۷-۱۳ نتیجه‌گیری

## فصل ۸ / تأثیر یکپارچه‌سازی تولید پراکنده بر کیفیت توان و قابلیت اطمینان سیستم

۲۱۷	۸-۱ مقدمه
۲۱۹	۸-۱ اختلالات کیفیت توان
۲۲۰	۸-۲-۱ حالات گذرا
۲۲۱	۸-۲-۲ فرورفتگی و برآمدگی ولتاژ

۲۲۱.....	۳-۲-۸ اضافه و کاهش ولتاژها.....
۲۲۲.....	۴-۲-۸ قطع برق.....
۲۲۳.....	۵-۲-۸ اعوجاج هارمونیکی.....
۲۲۴.....	۶-۲-۸ شکاف ولتاژ.....
۲۲۵.....	۷-۲-۸ فلیکر.....
۲۲۶.....	۸-۲-۸ اختلال الکتریکی.....
۲۲۷.....	۳-۸ مصرف کننده گان حساس به کیفیت توان.....
۲۲۹.....	۴-۸ فناوری های موجود در زمینه بهبود کیفیت توان.....
۲۳۱.....	۱-۴-۸ فناوری های منابع تغذیه جایگزین.....
۲۳۲.....	۲-۴-۸ فناوری های بهسازی توان.....
۲۳۸.....	۵-۸ اثر یکپارچه سازی منابع تولید پراکنده.....
۲۳۹.....	۱-۵-۸ طرح تولید جانشین ساده.....
۲۴۰.....	۲-۵-۸ سیستم تولید پراکنده ثانویه پشتیبان کیفیت توان.....
۲۴۲.....	۳-۵-۸ سیستم تولید پراکنده اولیه با پشتیبانی کیفیت توان برای بارهای حساس.....
۲۴۳.....	۴-۵-۸ تولید پراکنده اتصال نرم به شبکه با پشتیبانی کیفیت توان برای بارهای حساس.....
۲۴۳.....	۵-۵-۸ تولید پراکنده حاوی سلول خورشیدی فتوولتائیک برای محیط های دارای کیفیت توان بالا.....
۲۴۴.....	۶-۵-۸ تولید پراکنده همراه با ژنراتور بادی با کاربرد دوره ای برای محیط های دارای کیفیت توان بالا.....
۲۴۵.....	۷-۵-۸ طرح دارای قابلیت اطمینان بالا با استفاده از اتصال شین DC دوگانه.....



۶-۸ مسایل کیفیت توان در یکپارچه‌سازی تولید پراکنده..... ۲۴۶

۷-۸ نتیجه‌گیری..... ۲۴۸

### فصل نهم / اقتصاد ریز شبکه‌ها

۱-۹ مقدمه..... ۲۵۱

۲-۹ موضوعات اصلی اقتصاد ریز شبکه‌ها..... ۲۵۲

۳-۹ اقتصاد ریز شبکه‌ها و سیستم قدرت سنتی..... ۲۵۳

۱-۳-۹ بهینه‌سازی همزمان منابع توان الکتریکی و حرارتی..... ۲۵۵

۲-۳-۹ بهینه‌سازی همزمان عرضه و تقاضا..... ۲۵۵

۴-۹ موضوعات اقتصادی ضروری در ریز شبکه‌ها..... ۲۵۶

۵-۹ اقتصاد بین ریز شبکه‌ها و سیستم‌های بزرگ قدرت..... ۲۵۷

۶-۹ اقتصاد ریز شبکه‌ها: برنامه انگلستان..... ۲۵۸

۱-۶-۹ ریز منابع تولید..... ۲۵۹

۱-۱-۶-۹ هزینه‌های اتصال..... ۲۵۹

۲-۱-۶-۹ برخی موضوعات مهم اقتصادی..... ۲۶۱

۳-۱-۶-۹ در آمد اپراتورهای شبکه توزیع..... ۲۶۲

۴-۱-۶-۹ موضوعات بالقوه بازار ریز منابع *CHP*..... ۲۶۳

۲-۶-۹ موضوعات تنظیمی و فعالیت‌های تنظیم..... ۲۶۳

۳-۶-۹ فن‌آوری‌های ریز منابع: چشم‌اندازهای اقتصادی در انگلستان..... ۲۶۴

۴-۶-۹ مزایای بالقوه اقتصاد ریز شبکه‌ها..... ۲۶۵

۲۶۶..... ۹-۶-۵ آینده تحولات اقتصادی در ریز شبکه‌ها

۲۶۸..... ۹-۷ نتیجه‌گیری

### فصل دهم/ مشارکت بازار ریز شبکه‌ها

۲۷۱..... ۱۰-۱ مقدمه

۲۷۳..... ۱۰-۲ مدل‌های در حال تجدید ساختار

۲۷۳..... ۱۰-۲-۱ مدل سرمایه اشتراکی

۲۷۵..... ۱۰-۲-۲ مدل قراردادهای دوجانبه

۲۷۶..... ۱۰-۲-۳ مدل هیبرید

۲۷۷..... ۱۰-۳ اپراتور مستقل سیستم

۲۷۷..... ۱۰-۳-۱ پیش زمینه

۲۷۹..... ۱۰-۳-۲ نقش اپراتور مستقل سیستم (ISO)

۲۸۱..... ۱۰-۴ تبادل توان (PX)

۲۸۲..... ۱۰-۵ قیمت تسویه بازار (MCP)

۲۸۳..... ۱۰-۶ بازارهای روز بعد و ساعت بعد

۲۸۵..... ۱۰-۷ بازارهای قابل انعطاف و بازارهای غیرقابل انعطاف

۲۸۵..... ۱۰-۸ بازار قدرت توان

۲۸۶..... ۱۰-۸-۱ قدرت بازار با ساختار عمودی

۲۸۶..... ۱۰-۸-۲ قدرت بازار با ساختار افقی

۲۸۷..... ۱۰-۹ هزینه‌های سرگردان

۲۸۸..... ۱۰-۱۰ قیمت گذاری انتقال

۱-۱۰-۱۰ روش قراردادی.....	۲۸۹
۲-۱۰-۱۰ روش مگاوات در مایل.....	۲۸۹
۱۱-۱۰ مدیریت پرشدگی.....	۲۹۰
۱-۱۱-۱۰ قیمت گذاری پرشدگی.....	۲۹۲
۲-۱۱-۱۰ حقوق انتقال.....	۲۹۳
۳-۱۱-۱۰ مدیریت داخل ناحیه و پرشدگی های داخل ناحیه.....	۲۹۴
۱۲-۱۰ نقش ریزش شبکه در رقابت بازار توان.....	۲۹۵
۱-۱۲-۱۰ خرده فروشی.....	۲۹۵
۲-۱۲-۱۰ خدمات جانبی.....	۲۹۷
۳-۱۲-۱۰ نقش انبوه سازان.....	۲۹۹
۱۳-۱۰ نتیجه گیری.....	۳۰۳

### ضمایم

ضمیمه (الف): مدل سازی و تجزیه و تحلیل میکروتوربین در مدهای مستقل و متصل	
به شبکه.....	۳۰۵
ضمیمه (ب): مدل سازی دینامیکی و تجزیه و تحلیل عملکرد یک سیستم مبدل انرژی	
بادی ژنراتور القایی دو سوء تغذیه با سرعت متغیر ( <i>DFIG</i> ).....	۳۲۵
ضمیمه (پ): شبیه سازی نرم افزاری برای تحلیل عملکرد دینامیک سیستم پیل سوختی	
غشایی تبادل پروتون.....	۳۳۹
ضمیمه (ت): کاربرد پیل سوختی اکسید جامد در تولید پراکنده.....	۳۵۹

ضمیمه (ث): مدل‌سازی و ارزیابی عملکرد نیروگاه فتوولتائیک مستقل (PV) با ردیابی حداکثر نقطه توان (MPPT).....	۳۷۵
ضمیمه (ج): تنظیم قیمت تسویه بازار (MCP) در سناریوی برق ریزشبکه .....	۳۹۳
ضمیمه (چ): بهره‌برداری جزیره‌ای از تولیدات پراکنده در شبکه‌های توزیع فعال - مطالعات شبیه‌سازی .....	۴۱۱
مراجع .....	۴۳۱
واژه نامه .....	۴۴۹