

آموزش کاربردی نرم افزار

# DIgSILENT PowerFactory 14

مؤلفان :

دکتر محمد مردانه

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شیراز

مصطفی شک پور

آرزو نورعلی نژاد



۱۳۹۲

سرشناسه: مردانه، محمد، ۱۳۶۰ -

عنوان و نام پدیدآور: آموزش کاربردی نرم افزار 14 / Dig SILENT Power Factory  
مؤلفین محمد مردانه، آرزو نورعلی نژاد، مصطفی ملک پور.

مشخصات نشر: شیراز: همارا، ۱۳۹۲.

مشخصات ظاهری: ۳۸۲ ص: مصور، جدول

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۸۲۲-۲۶-۶

وضعیت فهرست نویسی: فیا

نوع: برق -- سیستم ها -- نرم افزار

موضوع: برق -- شبکه ها -- نرم افزار

شناسه: نشر ملی نژاد، آرزو، ۱۳۶۴ -

شناسه: افزودن ملک پور، مصطفی، ۱۳۶۴ -

رده بندی: ۱۳ / م ۴۱۸ / م ۱۰۵ TK

رده بندی: ۶۲۱.۳۱۱

شماره کتابشناسی: ۳۲۹۰۰۵

شیراز، فلک کاغذ، ۱، درج اول سمت چپ، طبقه اول، واحد ۲

مؤسسه فرهنگی انتشاراتی همارا

www.hamaralib.ir ۰۹۱۷۷۱۱۱۱۱۸ - ۷۱۱-۲۲۸۷۶۹۳



نوبت و سال چاپ: اول ۱۳۹۰

شمارگان: ۱۰۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۸۲۲-۲۶-۶

ناظر چاپ: مریم رهبر

صفحه آرای: نشر همارا

چاپ: چاپ مهر

قیمت: ۱۶۰۰۰۰ ریال

Printed in the Islamic Republic of Iran-Shiraz

© حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان                                             |
|------|---------------------------------------------------|
| ۱۱   | پیشگفتار                                          |
| ۱۵   | فصل اول: محیط نرم افزار PowerFactory ۱۴           |
| ۱۵   | ۱-۱ ساختار کلی نرم افزار PowerFactory ۱۴          |
| ۱۶   | ۲-۱ طبقه بندی اطلاعات                             |
| ۲۰   | ۳-۱ پنجره های نرم افزار PowerFactory ۱۴           |
| ۲۲   | ۴-۱ نوار منو                                      |
| ۲۲   | ۵-۱ نوار ابزار اصلی                               |
| ۲۷   | ۶-۱ پنجره خروجی                                   |
| ۲۹   | ۷-۱ کاربرهای پنجره خروجی                          |
| ۳۱   | فصل دوم: مدل اطلاعات در نرم افزار PowerFactory ۱۴ |
| ۳۱   | ۱-۲ ساختار کلی داده در پوشه پروژه                 |
| ۳۲   | ۲-۲ پوشه Library                                  |
| ۳۳   | ۱-۲-۲ پوشه Equipment Type Library                 |
| ۳۳   | ۲-۲-۲ پوشه Operational Library                    |
| ۳۴   | ۳-۲ پوشه Network Model                            |
| ۳۵   | ۱-۳-۲ پوشه Network Data                           |
| ۳۵   | ۲-۳-۲ پوشه Diagrams                               |
| ۳۵   | ۴-۲ پوشه Operation Scenarios                      |

|          |                                                           |
|----------|-----------------------------------------------------------|
| ۳۶.....  | ۲-۴-۱ نحوه ایجاد سناریو بهره‌برداری و مرحله‌های گسترش     |
| ۴۴.....  | ۲-۴-۲ Variation Scheduler زمان‌بندی تغییرات با استفاده از |
| ۴۵.....  | ۲-۵ Study Cases پوشه                                      |
| ۴۷.....  | ۲-۵-۱ تنظیم نمودن زمان مورد مطالعاتی                      |
| ۴۸.....  | ۲-۶ Settings پوشه                                         |
| ۴۹.....  | ۲-۶-۱ مدل سیم: شبیه‌سازی یک شبکه ساده                     |
| ۴۹.....  | ۲-۶-۲ تعریف یک پروژه جدید                                 |
| ۵۷.....  | ۲-۶-۳ دسته محاسبه پخش بار                                 |
| ۶۱.....  | ۲-۶-۴ فصل چهارم: ایجاد یک مدل DSL ساده                    |
| ۶۱.....  | ۴-۱-۱ تعریف یک پروژه جدید                                 |
| ۶۶.....  | ۴-۲-۱ ایجاد فریم مدل ترکیبی                               |
| ۶۸.....  | ۴-۳-۱ ایجاد مدل ترکیبی                                    |
| ۷۰.....  | ۴-۴-۱ وارد کردن تجهیزات در مدل ترکیبی                     |
| ۷۱.....  | ۴-۵-۱ ایجاد فریم مدل DSL                                  |
| ۷۷.....  | ۴-۶-۱ ایجاد مدل DSL                                       |
| ۸۰.....  | ۴-۷-۱ دستور محاسبه شرایط اولیه                            |
| ۸۲.....  | ۴-۸-۱ تعیین شرایط اولیه                                   |
| ۸۳.....  | ۴-۹-۱ ایجاد نمودار و نمایش متغیر مورد نظر                 |
| ۸۶.....  | ۴-۱۰-۱ تعریف رخداد پارامتر                                |
| ۸۹.....  | ۴-۱۱-۱ ترسیم شکل موج ولتاژ                                |
| ۹۱.....  | فصل پنجم: شبیه‌سازی یک نیروگاه بخار                       |
| ۹۱.....  | ۵-۱-۱ تعریف یک پروژه جدید                                 |
| ۹۵.....  | ۵-۲-۱ تعریف نوع برای تجهیزات شبکه                         |
| ۹۹.....  | ۵-۳-۱ تعیین شرایط کاری تجهیزات                            |
| ۱۰۳..... | فصل ششم: شبیه‌سازی سیستم تحریک ژنراتور سنکرون             |
| ۱۰۳..... | ۶-۱-۱ ایجاد فریم مدل ترکیبی Power Plant                   |

|          |                                                                    |
|----------|--------------------------------------------------------------------|
| ۱۰۵..... | ۲-۶ ایجاد مدل ترکیبی Power Plant                                   |
| ۱۰۶..... | ۳-۶ ایجاد فریم مدل AVR & PSS                                       |
| ۱۰۹..... | ۴-۶ استفاده از ماکروهای آماده برای بلوک‌های مرجع                   |
| ۱۱۲..... | ۵-۶ تعیین شرایط اولیه فریم AVR & PSS                               |
| ۱۱۳..... | ۶-۶ ایجاد مدل AVR & PSS                                            |
| ۱۱۴..... | ۷-۶ بار کردن تجهیزات در مدل ترکیبی Power Plant                     |
| ۱۱۷..... | ۸-۶ تعریف رخداد اتصال کوتاه                                        |
| ۱۱۸..... | ۹-۶ تعریف رخداد کلید                                               |
| ۱۱۸..... | ۱۰-۶ ایجاد نمودار نمایش متغیرهای مورد نظر                          |
| ۱۲۳..... | فصل هفتم: روش‌های کنترل اینورتر منبع ولتاژ                         |
| ۱۲۳..... | ۱-۷ اینورتر منبع ولتاژ در نرم‌افزار PowerFactory 14                |
| ۱۲۵..... | ۱-۱-۷ روش‌های کنترل مبدل                                           |
| ۱۲۶..... | ۲-۷ مدار معادل مبدل                                                |
| ۱۲۸..... | ۳-۷ انواع مدولاسیون                                                |
| ۱۲۸..... | ۱-۳-۷ بدون مدولاسیون                                               |
| ۱۳۵..... | ۲-۳-۷ مدولاسیون مستطیلی                                            |
| ۱۳۷..... | ۳-۳-۷ مدولاسیون سینوسی                                             |
| ۱۳۹..... | ۴-۷ کلیدزنی مبدل توسط کنترل‌کننده خارجی                            |
| ۱۴۰..... | ۱-۴-۷ مدولاسیون پهنای پالس سینوسی                                  |
| ۱۵۴..... | ۲-۴-۷ مدولاسیون بردار مکانی                                        |
| ۱۶۷..... | فصل هشتم: کنترل توان مبدل‌های الکترونیک قدرت                       |
| ۱۶۷..... | ۱-۸ مبدل الکترونیک قدرت در نرم‌افزار PowerFactory 14               |
| ۱۶۹..... | ۲-۸ کنترل توان‌های اکتیو و راکتیو به صورت مستقیم                   |
| ۱۶۳..... | ۱-۲-۸ مدل‌سازی کنترل‌کننده توان مبدل الکترونیک قدرت                |
| ۱۷۳..... | ۲-۲-۸ عملکرد کنترل‌کننده توان در حالت مستقل از شبکه                |
| ۱۸۳..... | ۳-۸ کنترل توان‌های اکتیو و راکتیو مبدل با استفاده از مشخصه‌های آفت |

|          |                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------------|
| ۱۸۶..... | ۱-۳-۸ مدل سازی کنترل توان مبدل با استفاده از مشخصه های اُفت     |
| ۱۹۱..... | ۴-۸ کنترل مستقیم فرکانس و ولتاژ شبکه توسط مبدل                  |
| ۱۹۳..... | فصل نهم: شبیه سازی توربین بادی سرعت ثابت                        |
| ۱۹۳..... | ۱-۹ آیرودینامیک توربین بادی                                     |
| ۱۹۵..... | ۱-۱-۹ تئوری اندازه حرکت المان پره                               |
| ۱۹۸..... | ۲-۱-۹ پدیده Stall                                               |
| ۲۰۰..... | ۱-۱-۹ روش های کنترل توان توربین بادی                            |
| ۲۰۱..... | ۱-۲-۹ کنترل توان با روش Passive Stall                           |
| ۲۰۲..... | ۲-۲-۹ کنترل توان با روش Pitch Control                           |
| ۲۰۳..... | ۲-۲-۹ کنترل توان با روش Active Stall                            |
| ۲۰۴..... | ۳-۹ روش های کنترل سرعت توربین بادی                              |
| ۲۰۶..... | ۴-۹ شبیه سازی استاکر توربین بادی سرعت ثابت                      |
| ۲۱۰..... | ۵-۹ مدل سازی قسمت های مکانیک توربین                             |
| ۲۱۱..... | ۱-۵-۹ مدل سرعت باد                                              |
| ۲۱۲..... | ۲-۵-۹ مدل توربین                                                |
| ۲۱۵..... | ۳-۵-۹ مدل محور دو جرعه                                          |
| ۲۱۹..... | ۷-۹ اعتبارسنجی توربین بادی سرعت ثابت                            |
| ۲۲۳..... | فصل دهم: شبیه سازی توربین بادی سرعت متغیر                       |
| ۲۲۳..... | ۱-۱۰ توربین بادی سرعت متغیر                                     |
| ۲۲۶..... | ۲-۱۰ ساختار توربین بادی سرعت متغیر                              |
| ۲۲۷..... | ۳-۱۰ کنترل توربین بادی سرعت متغیر                               |
| ۲۳۰..... | ۴-۱۰ کنترل کننده های توربین بادی سرعت متغیر                     |
| ۲۳۳..... | ۵-۱۰ ژنراتور القایی تغذیه دو گانه                               |
| ۲۳۳..... | ۱-۵-۱۰ عملکرد فوق سنکرون و زیر سنکرون DFIG                      |
| ۲۳۴..... | ۷-۱۰ کنترل مبدل های الکترونیک قدرت توربین بادی نوع C به روش SVO |
| ۲۳۶..... | ۷-۱۰ ساختار کنترلی توربین بادی سرعت متغیر                       |

|     |                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|
| ۲۳۷ | ۸-۱۰ شبیه سازی استاتیکی توربین بادی سرعت متغیر.....       |
| ۲۴۰ | ۹-۱۰ کنترل کننده مبدل سمت رتور.....                       |
| ۲۴۵ | ۱۰-۱۰ کنترل کننده مبدل سمت شبکه.....                      |
| ۲۴۷ | ۱۱-۱۰ اعتبارسنجی مدل توربین بادی سرعت متغیر.....          |
| ۲۵۵ | فصل یازدهم: شبیه سازی سیستم های فتوولتائیک.....           |
| ۲۵۵ | ۱-۱ مدل سلول فتوولتائیک.....                              |
| ۲۵۷ | ۱-۱ شبیه سازی استاتیکی نیروگاه فتوولتائیک.....            |
| ۲۵۸ | ۳-۱ شبیه سازی دینامیکی نیروگاه فتوولتائیک.....            |
| ۲۵۹ | ۳-۱۱ مدل سی سلول.....                                     |
| ۲۵۹ | ۳-۱۱ سطح.....                                             |
| ۲۶۰ | ۳-۳-۱۱ مدل ریان اشباح کوس.....                            |
| ۲۵۰ | ۴-۳-۱۱ مدل جریان فتوولتائیک.....                          |
| ۲۶۱ | ۵-۳-۱۱ مدل آرایه فتوولتائیک.....                          |
| ۲۶۲ | ۶-۳-۱۱ تعریف اندازه گیر ولتاژ.....                        |
| ۲۶۵ | ۷-۳-۱۱ مدل بار.....                                       |
| ۲۶۶ | ۸-۳-۱۱ کنترل کننده بار.....                               |
| ۲۶۷ | ۴-۱۱ اعتبارسنجی مدل نیروگاه فتوولتائیک.....               |
| ۲۷۱ | فصل دوازدهم: شبیه سازی سیستم ذخیره ساز انرژی.....         |
| ۲۷۱ | ۱-۱۲ مدل دینامیکی باتری.....                              |
| ۲۷۴ | ۲-۱۲ مدل دینامیکی باتری در نرم افزار PowerFactory 14..... |
| ۲۷۵ | ۱-۲-۱۲ ساختار کنترلی باتری.....                           |
| ۲۸۱ | ۲-۲-۱۲ اعتبارسنجی مدل دینامیکی باتری.....                 |
| ۲۸۵ | فصل سیزدهم: شبیه سازی میکروتوربین.....                    |
| ۲۸۶ | ۱-۱۳ مدل دینامیکی میکروتوربین.....                        |
| ۲۸۶ | ۱-۱-۱۳ کنترل کننده توان اکتیو.....                        |
| ۲۸۷ | ۲-۱-۱۳ مدل توربین.....                                    |

|          |                                                                      |
|----------|----------------------------------------------------------------------|
| ۲۸۷..... | ۳-۱-۱۳ ژنراتور مغناطیس دائم و یکسوکننده دیودی                        |
| ۲۸۹..... | ۲-۱۳ مدل دینامیکی میکروتوربین در نرم افزار 14 PowerFactory           |
| ۲۹۰..... | ۱-۲-۱۳ ساختار کنترلی میکروتوربین                                     |
| ۲۹۰..... | ۲-۲-۱۳ کنترل کننده توان اکتیو                                        |
| ۲۹۲..... | ۳-۲-۱۳ مدل توربین                                                    |
| ۲۹۲..... | ۴-۲-۱۳ ژنراتور مغناطیس دائم و یکسوکننده دیودی                        |
| ۲۹۳..... | ۵-۲-۱۳ کنترل کننده توان اکتیو                                        |
| ۲۹۴..... | ۶-۲-۱۳ کنترل کننده جریان                                             |
| ۲۹۴..... | ۳-۱۳ اعتبارسنجی مدل دینامیکی میکروتوربین                             |
| ۲۹۹..... | فصل چهاردهم: شبیه سازی سلول سوختی اکسید جامد                         |
| ۲۹۹..... | ۱-۱۴ مدل دینامیکی سلول سوختی اکسید جامد                              |
| ۳۰۵..... | ۲-۱۴ مدل دینامیکی سلول سوختی اکسید جامد در نرم افزار 14 PowerFactory |
| ۳۰۶..... | ۱-۲-۱۴ ساختار کنترلی سلول سوختی اکسید جامد                           |
| ۳۰۷..... | ۲-۲-۱۴ کنترل کننده توان اکتیو                                        |
| ۳۰۸..... | ۳-۲-۱۴ محدودکننده جریان انباره                                       |
| ۳۰۸..... | ۴-۲-۱۴ مدل دینامیکی انباره                                           |
| ۳۰۹..... | ۵-۲-۱۴ کنترل کننده جریان                                             |
| ۳۱۰..... | ۳-۱۴ اعتبارسنجی مدل دینامیکی سلول سوختی اکسید جامد                   |
| ۳۱۵..... | فصل پانزدهم: ریزشبهه و کنترل آن در شرایط اضطراری                     |
| ۳۱۵..... | ۱-۱۵ ساختار ریزشبهه ها                                               |
| ۳۱۸..... | ۲-۱۵ روش های کنترل ولتاژ و فرکانس ریزشبهه ها                         |
| ۳۲۲..... | ۳-۱۵ کنترل ریزشبهه ها به منظور عملکرد جزیره ای                       |
| ۳۲۶..... | ۱-۳-۱۵ عملکرد تک فرمان دهنده                                         |
| ۳۲۷..... | ۲-۳-۱۵ عملکرد چند فرمان دهنده                                        |
| ۳۲۸..... | ۴-۱۵ ریزشبهه مورد مطالعه                                             |
| ۳۳۰..... | ۱-۴-۱۵ جزیره شدن برنامه ریزی شده با عملکرد تک فرمان دهنده            |



|          |                                                                                    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳۳۲..... | ۱۵-۴-۲ جزیره شدن برنامه ریزی نشده با عملکرد تک فرمان دهنده.....                    |
| ۳۳۶..... | ۱۵-۴-۳ جزیره شدن برنامه ریزی نشده با عملکرد چند فرمان دهنده.....                   |
| ۳۳۹..... | ۱۵-۴-۴ جزیره شدن برنامه ریزی نشده با عملکرد چند فرمان دهنده و پشتیبانی فرکانس..... |
| ۳۴۳..... | فصل شانزدهم: برنامه نویسی با استفاده از DPL.....                                   |
| ۳۴۳..... | ۱-۱۶ تعریف منحنی بار با استفاده از مشخصه پارامتری.....                             |
| ۳۴۷..... | ۲-۱۶ تعریف دستور DPL.....                                                          |
| ۳۶۰..... | ۳-۱۶ ذخیره کردن متغیر دلخواه در یک فایل خارجی.....                                 |
| ۳۶۲..... | ۴-۱۶ ذخیره کردن متغیر دلخواه در ماتریس.....                                        |
| ۳۶۴..... | ۵-۱۶ اجرا کردن آموزشهای کتابخانه ای.....                                           |
| ۳۶۷..... | فصل هفدهم: ایجاد استفاده از مدل های آماده.....                                     |
| ۳۶۷..... | ۱-۱۷ روش ایجاد مدل از یک مدل موجود.....                                            |
| ۳۷۲..... | ۲-۱۷ نحوه استفاده از تمپلیت ساخته شده.....                                         |
| ۳۷۳..... | ۳-۱۷ نحوه استفاده از تمپلیت ساخته شده در پروژه های دیگر.....                       |
| ۳۷۵..... | پیوست.....                                                                         |
| ۳۷۹..... | مراجع.....                                                                         |

## پیشگفتار

نرم افزار PowerFactory محصول شرکت DigSILENT یکی از بهترین و قویترین نرم افزارها در زمینه شبیه سازی سیستم های قدرت و مدل سازی اجزاء آن می باشد، که امروزه در شرکت های وابسته به صنعت انرژی الکتریکی و نیز دانشگاه ها مورد استقبال کاربران زیادی قرار گرفته است. از طرف دیگر به علت در دسترس نبودن منابع کافی و کاربردی در زمینه آموزش این نرم افزار، اکثر کاربران مبتدی توانایی استفاده از قابلیت های پیشرفته آن را نداشته و تنها مدل سازی دقیق سیستم مورد نظر خود نمی باشند.

کتاب آموزش کاربردی نرم افزار DigSILENT PowerFactory 14 در مثال هایی کاربردی چگونگی مدل سازی دینامیکی سیستم هایی با شبکه های توزیع، ریزمنابعی مانند انواع مختلف توربین های بادی، نیروگاه های فتوولتائیک، سلول های سوختی و میکروتوربین ها، و سیستم های ذخیره ساز انرژی را با استفاده از زبان شبیه سازی DigSILENT به صورت گام به گام توضیح می دهد. زبان برنامه نویسی DigSILENT از دیگر امکانات نرم افزار PowerFactory 14 می باشد که تحلیل و انجام محاسبات مختلف روی شبکه های بزرگ و واقعی را بسیار آسان نموده است. نحوه استفاده از این زبان برنامه نویسی نیز توسط مثالی کاربردی در این کتاب به خوبی توضیح داده شده است. در نگارش کتاب و تشریح مدل های معرفی شده از مراجع و مقالات معتبر علمی استفاده

شده و نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده در آن با این مراجع مقایسه و مطابقت داده شده است.

کتاب حاضر شامل هفده فصل و یک پیوست می‌باشد. محیط کلی نرم‌افزار، قسمت‌ها و آیکون‌های مختلف آن در فصل اول تشریح شده است. فصل دوم نیز چیدمان و اختار داده در پنجره مدیریت داده نرم‌افزار 14 PowerFactory را توضیح می‌دهد. پنجمین فصل مفهوم‌های مرحله گسترش و سناریوی بهره‌برداری معرفی شده است. مراحل مختلف شبیه‌سازی یک شبکه ساده، به صورت گام به گام در فصل سوم آورده شده است. اصول استفاده از زبان شبیه‌سازی DigSILENT در فصل چهارم، توسط مثالی بسط داده شده. خوبی توضیح داده شده است. فصل پنجم شامل شبیه‌سازی بخش‌های الکتریکی یک نیروگاه بخار، یعنی ژنراتور، ترانسفورماتور و خطوط انتقال می‌باشد. فصل ششم به نحوه مدل‌سازی سیستم تحریک ژنراتور سنکرون را تشریح کرده است، در حقیقت کاربرد مطالب فصل چهارم، در مدل‌سازی بخش‌های کنترلی نیروگاه بخار فصل پنجم می‌باشد.

اینورتر منبع ولتاژ به همراه روش‌های مختلف کلیدزنی آن، در فصل هفتم به طور کامل تشریح و مدل‌سازی شده است. فصل هشتم نیز روش‌های رایج کنترل توان مبدل‌های الکترونیک قدرت را در حالت متصل و جدا از آن به طور کامل توضیح می‌دهد. مدل‌سازی توربین بادی سرعت ثابت و متغیر به ترتیب در فصل نهم و دهم آورده شده است. فصل یازدهم در ادامه مدل‌سازی منابع تجدیدپذیر انرژی، به شبیه‌سازی یک نیروگاه فتوولتائیک اختصاص داده شده است.

افزایش چشمگیر ریزمنابعی همچون میکروتوربین‌ها و سلول‌های خورشیدی در سطح شبکه‌های توزیع در چند سال گذشته، باعث به وجود آمدن مفهومی تحت عنوان ریزشبکه شده است. ریزشبکه‌ها در حقیقت شبکه‌های کوچکی شامل ریزمنابع و منابع ذخیره‌ساز انرژی هستند که توسط یک کنترل‌کننده مرکزی، کنترل و مدیریت می‌شوند. با توجه به این نکته، یکی از اهداف اصلی نگارش این کتاب آشنایی خواننده با مفهوم

ریز شبکه و آموزش مدل سازی دینامیکی و کنترل چنین ساختاری می باشد. به همین منظور فصل های دوازدهم تا چهاردهم به مدل سازی منابع ذخیره ساز انرژی و ریز منابعی همچون سلول های سوختی و میکروتوربین ها اختصاص داده شده است. در نهایت در فصل پانزدهم و با استفاده از ریز منابع مدل سازی شده در فصل های قبل، ساختاری از یک ریز شبکه نمونه طراحی و شبیه سازی شده است. نحوه عملکرد و کنترل ریز شبکه شبیه سازی شده در حالت های متصل و جدا از شبکه، در چندین مورد مطالعاتی در این فصل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

در فصل شانزدهم اصول استفاده از زبان برنامه نویسی DigSILENT توسط مثالی کاربردی توضیح داده شده است. در نهایت چگونگی ایجاد و استفاده از مدل های آماده در نرم افزار PowerFactory 14 در فصل هفدهم تشریح شده است. اطلاعات و پارامترهای مربوط به ریز منابع و ریز شبکه مدل سازی شده در جدول هایی در پیوست کتاب داده شده است.

همچنین شبیه سازی های فصل های مختلف کتاب به همراه مثال های متعدد و کاربردی دیگر در زمینه های مختلف مطالعات شبکه های الکتریکی، ریز شبکه ها و انرژی های تجدید پذیر بر روی سایت ایران دیگسایلنت<sup>۱</sup> قرار داده شده است.