

اینترنت اشیاء و صنعت برق

زینب موحدی

سید علی اصغر بهشتی شیرازی

شهرام جدید

سید محمد شهرتاش

محمود لشگری

اللَّهُمَّ إِنِّي أَسْأَلُكَ مِنْ عِلْمِكَ بِأَنْفَعِهِ
خدایا از تو نافذترین (و موثرترین) دانش تو را
(برای خودم) درخواست می کنم

وَكُلِّ عِلْمِكَ نَافِعٌ
و البته تمام دانش تو نافذ و موثر است

اللَّهُمَّ إِنِّي أَسْأَلُكَ بِعِلْمِكَ كُلِّهِ
(پس) خدایا من از تو تمام دانش تو را می خواهم.

- فرازی از دعای سحر

سرشناسه:
عنوان و نام پدیدآور:

گروه تخصصی اینترنت اشیا- کلینیک برق ایران
اینترنت اشیا و صنعت برق / زینب موحدی، سید علی اصغر بهشتی شیرازی، شهرام جدید، سید محمد شهرتاش
و محمود لشگری

مشخصات نشر
مشخصات ظاهری
شابک

تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۹
۲۵۰ ص: مصور، جدول.
978-964-454517-7

وضعیت فهرست نویسی

فیبا

موضوع

اینترنت اشیا، صنعت برق، سیستم‌های هوشمند، چالش‌های اجرای اینترنت اشیا
دانشگاه علم و صنعت ایران

شناسه افزوده

قطب علمی اتوماسیون و بهره‌برداری از سامانه‌های قدرت

شناسه افزوده

شرکت مادر تخصصی توانیر

شناسه افزوده

کلینیک برق ایران

شناسه افزوده

QAV6/59158

رده بندی کنگره

۰۰۴

رده بندی دیویی

۷۳۵۸۹۷۴

شماره کتابشناسی ملی

ناشر:

دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۹

عنوان کتاب:

اینترنت اشیا و صنعت برق

نویسندگان:

زینب موحدی، سید علی اصغر بهشتی شیرازی، شهرام جدید،
سید محمد شهرتاش و محمود لشگری

نوبت چاپ:

اول ۱۳۹۹

طرح جلد:

استودیو شهرتاش

چاپ و صحافی:

چاپ کهن

شابک:

۹۷۸-۹۶۴-۴۵۴۵۱۷-۷

قیمت:

۵۸۰۰۰۰ ریال

شمارگان:

جلد ۳۰۰



کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به کلینیک برق ایران است. هرگونه نسخه‌برداری (به جز اقتباس در گیومه به‌همراه ارجاع) بدون مجوز کتبی از صاحب اثر ممنوع و از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری است.

پیشگفتار

صنعت برق ایران بعنوان یک صنعت پیشرو و پویا همواره رشد فناوری‌های پیشرفته مرتبط را رصد کرده تا در زمان مناسب و در جهت راهبردهای کلان خود از منافع تولید و توسعه این فناوری‌ها بهره‌مند گردد. از جمله این اقدامات، برنامه‌ریزی برای ایجاد و توسعه شبکه هوشمند از سال ۱۳۸۷ همزمان با توسعه شبکه هوشمند در کشورهای پیشرفته با هدف مدیریت مصرف، کاهش تلفات و توسعه بازار برق و طرح ملی ایجاد فراسامانه هوشمند اندازه‌گیری و مدیریت انرژی (فهام) و طرح ملی شبکه هوشمند است، که مدیریت اوج مصرف تابستان در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ و کاهش تلفات به کمتر از ۱۰ درصد در سال ۱۳۹۸ از نتایج اجرای این برنامه‌ها می‌باشد. استفاده از فناوری اینترنت اشیا برای مدیریت مصرف تابستان به عنوان یکی از برنامه‌های شرکت توانیر است که در راستای توسعه شبکه هوشمند برق تعریف شده و امید است این فناوری هم به نحو مناسب در صنعت برق و انرژی نهادینه شود.

انتشار کتاب حاضر می‌تواند شروعی در ایجاد ساختار و طراحی سازوکارهای لازم برای به‌کارگیری اینترنت اشیا در صنعت برق کشور و بهره‌گیری از این فناوری در پایش و کنترل و مدیریت موثرتر در حوزه‌های تولید و انتقال و توزیع، محسوب شود. همچنین بسترسازی برای استفاده از اینترنت اشیا می‌تواند زمینه را برای پیاده‌سازی خانه‌های هوشمند و شهر هوشمند، که الگوهای مناسبی برای بهینه‌سازی مصرف و مدیریت تقاضا هستند، ایجاد و فراهم سازد.

بدیهی است تحقق عملی این اراده و تصمیم، بدون همت جمعی خانواده صنعت برق کشور امکان‌پذیر نخواهد بود و مشارکت همه اعضای خانواده صنعت برق به آشنایی همگان با مبانی و مزیت‌ها در استفاده از فناوری اینترنت اشیا و نمونه‌های اجرا شده در تسهیل مدیریت و کنترل انتقال و توزیع انرژی و از سوی دیگر اطلاع از موانع و صعوبت‌های به‌کارگیری این فناوری نیازمند است.

در این کتاب، نتایج ارزشمند پروژه تحقیقاتی اجرا شده با کارفرمایی دفتر تحقیقات و توسعه فناوری شرکت توانیر و به مسئولیت جناب آقای دکتر شهرتاش استاد محترم دانشگاه علم و صنعت ایران و با همت اساتید برجسته آن دانشگاه به‌گونه‌ای تدوین شده است که بتواند به خوبی از مباحث مقدماتی تا جزئیات تخصصی در ارتباط با مزیت‌ها و مشکلات بکارگیری این فناوری را تبیین و تشریح نماید و چشم‌انداز جایگاه این فناوری را در آینده صنعت برق کشور ترسیم نماید.

شرکت توانیر در راستای رسالت خود در بسط دانش تخصصی و فرهنگ‌سازی پیرامون فناوری‌های نوین با حمایت از انتشار این کتاب تلاش نموده است تا موضوع به‌کارگیری فناوری اینترنت اشیا در صنعت برق و ابعاد گوناگون آن را برای متخصصین و مدیران دلسوز و آینده‌نگر در صنعت برق کشور و همچنین دانشجویان و محققین دانشگاهی معرفی نماید. امید است کتاب حاضر بتواند اطلاعات لازم و مفیدی را در ارتباط با این فناوری در اختیار مخاطبین قرار دهد.

محمد حسن متولی‌زاده

رئیس هیئت مدیره و

مدیر عامل شرکت توانیر

مقدمه

کتاب حاضر از یک سو ماحصل دوران‌دیشی و آینده‌نگری مدیریت شرکت توانیر در لزوم شناسایی و ارتقاء دانش فنی پیرامون فناوری‌های نوینی است که قابلیت بهره‌دهی برای بهبود اداره و کنترل صنعت برق را دارند، از طریق جلب همکاری دانشگاه‌ها در اجرای تحقیقات کاربردی مورد نیاز این صنعت است؛ و از سوی دیگر دستاورد اراده و اشتیاق محققین دانشگاهی در انجام وظیفه ملی و علمی خود در کمک به پیشرفت صنعت برق کشور است. تجمع این دو نیرو از صنعت برق و دانشگاه علم و صنعت ایران منجر به انجام قرارداد تحقیقاتی تحت عنوان "شناسایی و بررسی کاربرد مفاهیم اینترنت اشیا در مدیریت شبکه قدرت" از سوی گروه تخصصی اینترنت اشیا در کلینیک برق ایران گردید.

پروژه مذکور در قالب چهار گروه تحقیقاتی زیر با مسئولیت اعضاء هیئت علمی همکار در گروه تخصصی اینترنت اشیا اجرا گردید که شایسته است از همکاری همه اعضاء گروه‌های مذکور، که ماحصل تلاش آنان در این کتاب استفاده شده است، تشکر و قدردانی گردد:

گروه نرم‌افزار و ابر اشیا به مسئولیت سرکار خانم دکتر موحدی با همکاری خانم مهندس هلیا برادران نخجوانی و آقای مهندس امین سالم؛

گروه مخابرات و انتقال داده به مسئولیت جناب آقای دکتر بهشتی با همکاری آقای مهندس علیرضا میررشید؛

گروه خانه هوشمند و شبکه هوشمند به مسئولیت جناب آقای دکتر جدید با همکاری خانم دکتر الهام شیرازی و آقای دکتر سعید اسمعیلی؛

گروه کاربرد اینترنت اشیا به مسئولیت جناب آقای دکتر شهرتاش با همکاری آقای مهندس امین نساج، آقای دکتر علیرضا شیخی، خانم دکتر مهتاب خلیلی‌فر، آقای مهندس علیرضا عقدائی، خانم مهندس نوریه ظهیرالدین، آقای مهندس کیان شاهین‌فر، آقای مهندس احمد امینی، آقای مهندس سید علی بنی عقیل و آقای مهندس محمد امینی را.

تلاش گروه‌های مزبور که در قالب گزارش‌های متعدد به شرکت توانیر ارسال گردیده بود، پس از اخذ تایید آن شرکت، تحت نظارت مسئولین گروه‌های تحقیقاتی توسط آقای مهندس محمود لشگری تلخیص و تکمیل و به‌روز رسانی گردیده و در قالب کتاب حاضر درآورده شد. فصل اول این کتاب حاوی مطالب مقدماتی برای بالا بردن دانش عمومی خوانندگان درباره اینترنت اشیا است. در فصول دوم و سوم به مباحث تخصصی در حوزه انتقال و ذخیره‌سازی داده‌های بزرگ در

پیاده‌سازی فناوری اینترنت اشیا پرداخته شده است. در فصل چهارم کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت برق و در فصل پنجم پیش‌نیازها و چالش‌های موجود بر سر راه بکارگیری اینترنت اشیا تقدیم خوانندگان علاقمند گردیده است.

کلینیک برق ایران امیدوار است با انتشار این کتاب گامی در راستای ارتقاء دانش تخصصی خوانندگان اعم از مدیران و متخصصین صنعت برق و همچنین دانشجویان و محققین دانشگاه‌های کشور برداشته باشد. و در این راستا، بر خود وظیفه می‌داند از حمایت همه‌جانبه مدیریت محترم عامل شرکت توانیر جناب آقای مهندس متولی زاده و همکاری موثر معاون محترم تحقیقات و منابع انسانی جناب آقای مهندس سجادی، مدیر دفتر تحقیقات جناب آقای دکتر تقوایی و مدیر محترم دفتر مدیریت مصرف و خدمات مشترکین جناب آقای مهندس مدقق در انتشار این کتاب، قدردانی نماید. همچنین شایسته است از جناب آقای مهندس غلامرضا رجیبی مدیر سابق دفتر فناوری اطلاعات شرکت توانیر و آقایان مهندس حسن آبنیکی، مهندس سید احمد موسوی و سرکار خانم مهندس پروین لعلی نمایندگان دفتر تحقیقات در امر انتشار این کتاب تشکر گردد.

اما مهمتر و بالاتر از همه شکر خدای مهربان است که توفیق این خدمتگزاری به جامعه علمی و صنعتی را به همه ما (اعم از حامیان، پدیدآورندگان) اعطا نمود و از او درخواست می‌کنیم تا با لطف و رحمت واسعه خودش به انتشار این کتاب برکت عنایت کند تا در گسترش و انتقال دانش تخصصی در زمینه اینترنت اشیا نقش سازنده‌ای را ایفا نماید.

گروه تخصصی اینترنت اشیا

فهرست مطالب

۱	فصل اول: مباحث مقدماتی اینترنت اشیا
۱-۱	مقدمه
۲-۱	شکل‌گیری اینترنت اشیا
۳-۱	تاریخچه اینترنت اشیا
۴-۱	تعاریف اینترنت اشیا
۵-۱	اینترنت اشیا اجتماعی
۶-۱	اینترنت همه چیز
۷-۱	زمینه‌های تخصصی اینترنت اشیا
۱-۷-۱	اینترنت انرژی
۲-۷-۱	اینترنت اشیا صنعتی
۳-۷-۱	اینترنت خودروها
۴-۷-۱	اینترنت نانو اشیا
۸-۱	حوزه‌های کاربردی اینترنت اشیا
۹-۱	ساختار اینترنت اشیا
۱-۹-۱	ساختار در نظر گرفته شده در پروژه European FP7
۲-۹-۱	ساختار ارائه شده توسط اتحادیه بین المللی مخابرات
۳-۹-۱	ساختار سه سطحی
۴-۹-۱	ساختار ارائه شده توسط IoT Forum
۵-۹-۱	ساختار ارائه شده برای کاربرد حوزه سلامت
۶-۹-۱	ساختار ارائه شده برای کاربرد شبکه هوشمند
۱۰-۱	مزایا و معایب اینترنت اشیا
۱۱-۱	اهمیت موضوعی اینترنت اشیا
۱۲-۱	مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های مرتبط با اینترنت اشیا
۱۳-۱	فعالیت سایر کشورها در زمینه اینترنت اشیا
۱۴-۱	شناسایی و بررسی کاربرد مفاهیم اینترنت اشیا در شبکه هوشمند
۱-۱۴-۱	اهمیت شبکه‌های هوشمند
۲-۱۴-۱	نیازهای شبکه‌های توزیع برق برای امروز و آینده
۳-۱۴-۱	زیرساخت‌های لازم برای هوشمندسازی شبکه توزیع
۴-۱۴-۱	کاربردهای اینترنت اشیا در شبکه هوشمند
۱۵-۱	شناسایی و بررسی کاربرد مفاهیم اینترنت اشیا در شهر هوشمند
۱۶-۱	بررسی بسترهای آزمایشی در حوزه اینترنت اشیا
۱۷-۱	مراجع فصل اول
۸۷	فصل دوم: اندازه‌گیری، ارسال و ذخیره‌سازی داده‌ها
۱-۲	مقدمه
۲-۲	آرایش سخت افزاری اینترنت اشیا

۹۵	۳-۲- حسگرها
۹۷	۱-۳-۲- انواع مختلف حسگرها
۹۹	۲-۳-۲- دسته‌بندی حسگرها
۱۰۳	۳-۳-۲- پارامترهای تأثیرگذار در انتخاب حسگر
۱۰۹	۴-۳-۲- شبکه حسگر بی سیم
۱۱۸	۴-۲- زیرساخت‌های ارتباطی مورد نیاز اینترنت اشیاء
۱۱۸	۱-۴-۲- شبکه‌های مخابراتی
۱۲۱	۲-۴-۲- تکنولوژی‌ها و پروتکل‌های ارتباطی اینترنت اشیاء
۱۲۷	۵-۲- آدرس‌دهی و مسائل شبکه
۱۲۷	۱-۵-۲- IPv4 و IPv6
۱۲۸	۲-۵-۲- 6LoWPAN
۱۲۸	۶-۲- پروتکل‌های مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی سیم
۱۳۶	۷-۲- رایانش ابری
۱۳۸	۱-۷-۲- تعریف رایانش ابری
۱۳۹	۲-۷-۲- ارتباط اینترنت اشیاء و رایانش ابری
۱۳۹	۳-۷-۲- مدل‌های استقرار رایانش ابری
۱۴۰	۴-۷-۲- رایانش ابری موبایل
۱۴۵	۵-۷-۲- رایانش لبه موبایل
۱۴۶	۶-۷-۲- رایانش مه
۱۴۸	۸-۲- فناوری زنجیره بلوکی
۱۵۰	۱-۸-۲- قراردادهای هوشمند
۱۵۱	۲-۸-۲- ترکیب زنجیره بلوکی و اینترنت اشیاء
۱۵۲	۳-۸-۲- کاربردهای تجاری زنجیره بلوکی در اینترنت اشیاء
۱۵۴	۴-۸-۲- زنجیره بلوک در شبکه هوشمند برق
۱۵۵	۹-۲- مراجع فصل دوم
۱۵۹	فصل سوم: قابلیت اتصال در سیستم قدرت و نقش اینترنت اشیاء
۱۶۰	۱-۳- مقدمه
۱۶۱	۲-۳- تاریخچه مهمترین فناوری‌های به کارگیری شده در شبکه برق جهت انجام کنترل و پایش وضعیت سیستم
۱۶۲	۱-۲-۳- SCADA
۱۶۲	۲-۲-۳- PMU
۱۶۳	۳-۲-۳- IEC 61850
۱۶۳	۴-۲-۳- اینترنت اشیاء قدرت
۱۶۴	۳-۳- اینترنت اشیاء چگونه می‌تواند در صنعت برق تحول ایجاد کند؟
۱۶۵	۱-۳-۳- حرکت به سمت شبکه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء
۱۷۲	۲-۳-۳- آغاز حرکت به سمت استفاده از اینترنت اشیاء در شبکه برق
۱۷۳	۴-۳- قابلیت اتصال در سیستم‌های قدرت
۱۷۳	۱-۴-۳- اهمیت قابلیت اتصال در سیستم‌های قدرت

- ۱۷۵ ۳-۴-۲- فرصت‌های حاصل از ایجاد قابلیت اتصال برای صنعت برق
- ۱۸۰ ۳-۴-۳- چالش‌های موجود در مسیر ایجاد قابلیت اتصال در اجزای مختلف سیستم‌های قدرت
- ۱۸۵ ۴-۵-۵- مراجع فصل سوم

فصل چهارم: کاربرد اینترنت اشیا در صنعت برق ۱۸۷

- ۱۸۸ ۴-۱-۱- مقدمه
- ۱۸۸ ۴-۲-۲- پروژه‌های انجام شده توسط موسسه EPRI در زمینه بکارگیری فناوری‌های حسگری در سیستم قدرت
- ۱۹۴ ۴-۲-۱- ارتباطات و جمع‌آوری داده‌ها
- ۱۹۷ ۴-۲-۲- برداشت و ذخیره توان
- ۱۹۸ ۴-۲-۳- الگوریتم‌ها و نمایش داده‌ها
- ۱۹۹ ۴-۳-۳- کاربردهای عمومی اینترنت اشیا در صنعت برق
- ۲۰۱ ۴-۴-۴- کاربرد اینترنت اشیا در سیستم‌های تولید انرژی الکتریکی
- ۲۰۱ ۴-۴-۱- نیروگاه‌های حرارتی
- ۲۰۲ ۴-۴-۲- نیروگاه‌های خورشیدی
- ۲۰۴ ۴-۴-۳- نیروگاه‌های بادی
- ۲۰۶ ۴-۴-۴- کاربرد عملی اینترنت اشیا در تحلیل کلان داده‌های شرکت انویژن انرژی
- ۲۰۷ ۴-۵-۵- کاربرد اینترنت اشیا در سیستم‌های انتقال هوشمند
- ۲۰۸ ۴-۵-۱- نظارت آنلاین و بلادرنگ بر خطوط انتقال
- ۲۱۵ ۴-۵-۲- طرح استقرار حسگرها در خطوط انتقال
- ۲۱۷ ۴-۶-۶- کاربرد اینترنت اشیا در شبکه توزیع
- ۲۱۸ ۴-۶-۱- پایش وضعیت آنلاین تجهیزات شبکه توزیع
- ۲۲۰ ۴-۶-۲- تعمیر و نگهداری تجهیزات شبکه توزیع
- ۲۲۱ ۴-۶-۳- نتایج حاصل از اجرای پروژه شبکه توزیع شهر هبی کشور چین
- ۲۲۲ ۴-۶-۴- بررسی کاربردهای جدید فناوری اینترنت اشیا با بکارگیری حسگرها در صنعت برق
- ۲۲۳ ۴-۷-۷- پایش و کنترل تجهیزات صنعت برق از طریق اندازه‌گیری پارامترهای غیرالکتریکی
- ۲۲۴ ۴-۸-۸- مراجع فصل چهارم

فصل پنجم: چالش‌های اجرای اینترنت اشیا ۲۲۷

- ۲۲۸ ۵-۱-۱- مقدمه
- ۲۲۸ ۵-۲-۲- چالش‌های اجرای فناوری اینترنت اشیا
- ۲۳۲ ۵-۳-۳- چالش‌های اجرای فناوری اینترنت اشیا در صنعت برق
- ۲۳۷ ۵-۴-۴- پیشنیازهای اجرای فناوری اینترنت اشیا در صنعت برق