فصلنامه علمی انرژی ایران

دوره ۲۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحه ۲۰۱ – ۱۷۱

انفورماتیک انرژی: روندهای فعلی و مسیرهای آینده در سیاست گذاری آموزشی، پژوهشی و نوآوری

امیر صفری

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹ / ۱۰ / ۲۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰ / ۴ / ۱۳

کلمات کلیدی:
مدیریت انرژی، فناوری ارتباطات، آموزش و پژوهش، مطالعات میان رشته ای، نوآوری صنعتی، انستیتو ملی، آینده پژوهی.

چکیده

تولید، انتقال، مصرف و ذخیره پایدار انرژی از مهمترین نگرانیهای دنیای مدرن امروز است که شامل جنبه‌های فنی، اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و زیست محیطی می‌باشد. حل صحیح این مسئله غامض و چند وجهی به رویکردهای میان رشته‌ای در مورد سیستم‌های نیرو و انرژی نیاز دارد که پلی بین تمام ذینفعان (محققان، مهندسان، سیاستمداران، شهروندان، صاحبان صنایع، و دیگران) ایجاد کند .در چنین تحقیقات انرژی میان رشته ای، حوزه جدید انفورماتیک انرژی نقش مهمی ایفا می‌کند، که شامل رشته‌های مختلفی است که به طور کلی به چالشهای فنی–اقتصادی سیستم‌های انرژی و قدرت در کل زنجیره تولید تا مصرف و خرید/فروش می‌پردازد. هدف این مقاله، آینده پژوهی و ترسیم یک نمای کلی و البته دقیق از حوزه انفورماتیک انرژی با پرداختن به فرصتها/چالشهای آموزشی و پژوهشی و با توجه به نتایج فعلی و مسیرهای آینده نوآوریهای صنعتی مرتبط با این زمینه است. این مطالعه، فراتر از چشم اندازهای صرفا علمی و با گنجاندن تأملاتی با رویکردهای کاربردی و کسب و کار، تجزیه و تحلیل داده‌ها را گسترده‌تر و سیاست گذاری آموزشی و پژوهشی در این زمینه را تسهیل می‌کند. در ابتدا، برای آموزش نسل جدید متخصصان، که باید از عهده‌ی چالشهای میان رشته‌ای مربوط به سیستم‌های نوین و یکپارچه انرژی آینده برآیند، توصیه‌هایی در مورد محتوای دوره مقدماتی انفورماتیک انرژی ترسیم و بحث شده است. سپس، پیشنهادی جهت تاسیس انستیتو ملی انفورماتیک انرژی طرح می‌شود که در آن به ضرورت و ساختار چنین مرکزی در راستای سیاست گذاری صحیح در حوزه انرژی‌های آینده پرداخته شده است.

۱. فوق دکترای مدیریت انرژی و دانشیار مهمان در مرکز تحقیقات انرژی، پژوهشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران. amirsafari.no@gmail.com, amir.safari@aut.ac.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

۱. مقدمه

بخش انرژی با چالش‌های رو به افزایشی مواجه است و متحمل تغییرات عمده‌ای می‌باشد که باعث افزایش پیچیدگی آن شده و نیاز به سیاست گذاریها و استراتژی‌های نوآورانه در مدیریت انرژی را افزایش می‌دهد (هیرانی و دیگران، ۲۰۱۲). در حال حاضر ۸۵٪ جمعیت جهان از برق استفاده می‌کنند و زغال سنگ که منبع اصلی برق است، ۴۰٪ از برق جهان را تولید می‌کند. با این وجود و در سپتامبر ۲۰۱۵، مجمع عمومی سازمان ملل متحد برنامه ۲۰۳۰ توسعه پایدار را تصویب کرد. این دستورالعمل شامل مجموعه‌ای از ۱۷ هدف توسعه پایدار (SDG) برای پرداختن به چالش هایی است که جهان با آن روبرو است، از جمله برنامه‌های مربوط به فقر، نابرابری، تغییرات آب و هوا، تخریب محیط زیست، صلح و عدالت. در میان این اهداف، مواردی وجود دارد که کاملاً به چالش‌های بخش انرژی مرتبط است: تضمین دسترسی به انرژی مقرون به صرفه، قابل اعتماد، پایدار و مدرن(SDG7) ، ایجاد زیرساخت‌های انعطاف پذیر، ترویج صنعتی شدن پایدار و تقویت نوآوری (SDG9) ، ساخت شهرهای فراگیر، ایمن، انعطاف پذیر و پایدار (SDG11) ، تضمین الگوهای پایدار مصرف و تولید (SDG12) ، و اقدامات فوری برای مقابله با تغییرات آب و هوا و تأثیرات آن (SDG13). از طرفی طبق توافق نامه پاریس در مورد تغییرات آب و هوائی (UNFCCC)، برای گرم شدن کره زمین به میزان بسیار کمتر از ۲ درجه سانتیگراد هدف گذاری شده است (محسنی و دیگران، ۲۰۱۵).

بهرحال، پایداری انرژی یک مأموریت مهم جهانی است که پیامدهای عمده اقتصادی و اجتماعی دارد (مقدسپور و دیگران، ۲۰۲۰). به همین دلیل امروزه جهان به سرعت به سمت استفاده از "داده‌های بیشتر" برای رسیدن به هدف "انرژی کمتر" در حرکت است. جنبه فنی چنین سیاستگذاری ای، به کیفیت توان (گندمان و دیگران، ۲۰۱۸)، قابلیت اطمینان سیستم قدرت (با توجه به کفایت سیستم، امنیت و پایداری) (میشرا[1] و دیگران، ۲۰۱۹)، و سیستم‌های پایش و نگهداری هوشمند (والته[2] و دیگران، ۲۰۱۸)

1 Mirsha
2 Welte

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

اشاره دارد. ابعاد اقتصادی نیز به تصمیمات سرمایه گذار مخصوصا در منابع تجدیدپذیر و فناوری‌های ذخیره سازی، مدیریت بهینه و عملیاتی منابع انرژی برای کم کردن هزینه‌ها (کنجو[1] و دیگران، ۲۰۱۰)، مکانیسم‌های نوین تجارت برق بین ریزشبکه‌ها (ژانگ[2] و دیگران، ۲۰۱۸)، و منحنی‌های یادگیری فن آوری (هونتلز[3] و دیگران، ۲۰۱۶) مرتبط می‌باشد. جنبه‌های اجتماعی همچنین نقش کلیدی و مهمی در سیستم‌های انرژی ایفا می‌کنند، بطوریکه پژوهشهای علوم اجتماعی نشان می‌دهد چگونه الگوی رفتار انرژی انسان می‌تواند بر سیستم‌های تولید/توزیع/مصرف توان چه از نظر فنی و چه از لحاظ اقتصادی تأثیر بگذارد (اوکا[4] و دیگران، ۲۰۱۹). در این میان و با در نظر داشتن چشم اندازهای جامع اجتماعی-فنی و اقتصادی که بیان شد، بررسی صحیح موضوعات مختلف سیستم‌های قدرت وانرژی نیاز به رویکردهای کاملاً میان رشته ای[5] دارد. با چنین رویکردی است که انفورماتیک انرژی[6] از دیجیتالی شدن / تحول دیجیتالی و فناوریهای اطلاعات و ارتباطات پیشرفته (ICT) برای مقابله با چالشهای گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوائی بهره می‌برد.

از طرفی، عبارت "میان‌رشته‌ای" در حال حاضر واژه‌ای کلیدی است که در پژوهشهای اخیر مربوط به حوزه انرژی مشاهده می‌شود .به طور تجربی، این مفهوم شامل "پل زدن" نظری یا روش-شناختی بین رشته‌های مختلف علوم است که امر ارسال و دریافت (تبادل) اطلاعات بین رشته‌ای را مقدور می‌سازد (پلگرینو[7] و دیگران، ۲۰۱۷). اشمیت[8] و دیگران، ۲۰۱۵ و پلگرینو و دیگران، ۲۰۱۷ تفاوت مفهوم میان رشته‌ای با رویکرد "چند رشته ای" مرسوم را مورد توجه قرار می‌دهند. در واقع، مفهوم دوم بر همکاری بین چندین رشته پیرامون یک موضوع پژوهش مشترک تأکید دارد، یعنی به روشی که افزایشی باشد نه لزوما تلفیقی. رویکرد چند رشته‌ای تنها حول یک موضوع واحد متمرکز می‌شود در حالی که تا حدی بخشی و ترکیبی باقی مانده است. از طرف دیگر، رویکرد میان رشته‌ای در ساخت و ساز یک پروسه

1 Cenejo
2 Zhang
3 Huenteler
4 Iweka
5 Interdisciplinary
6 Energy Informatics
7 Pellegrino
8 Schmidt

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

پژوهشی به دنبال ادغام دیدگاههای رشته‌های مختلف است و می‌تواند به ترکیبی از دانش دست یابد تا درک کاملی از مسئله به دست آورد (ملاباند[1] و دیگران، ۲۰۱۷). بنابراین میان رشته ای، تغییر پارادایمی است که در پژوهشهای انرژی به منظور پرداختن به دنیای پیچیده امروزی و دستیابی به طیف گسترده‌ای از اهداف مورد نیاز است. در رویکرد میان رشته‌ای که در بالا به آن اشاره شد، حوزه جدید انفورماتیک انرژی نقش مهمی ایفا می‌کند که شامل رشته‌های مختلفی برای پرداختن به چالش‌های اجتماعی- فنی- اقتصادی سیستم‌های قدرت و انرژی است. به طور خاص، هدف انفورماتیک انرژی استفاده از فناوریهای اضطراری و جدید اطلاعاتی و ارتباطی است تا سیستم‌های انرژی کارآمدتر، مؤثرتر، ایمن تر، اقتصادی‌تر و پاکیزه‌تر شوند. هدف انفورماتیک انرژی استفاده از فناوری دیجیتال و نظریه مدیریت اطلاعات برای ترغیب انتقال سریع به سمت سیستم‌های انرژی پایدار و مقاوم می‌باشد (اسپرینگر[2]، ۲۰۲۰).

از آنجاییکه مبحث انفورماتیک انرژی یک زمینه تحقیقاتی جدید و بسیار پویا می‌باشد، تنها در کشورهای توسعه یافته دستاوردهایی را بهمراه داشته که همچنان در حال گسترش است. بعنوان مثال در کشور دانمارک مرکزی با عنوان SDU با تمرکز بر زمینه انفورماتیک انرژی استقرار یافته است. SDU یک مرکز تحقیقاتی و نوآوری بین رشته‌ای صنعت محور با چشم انداز جهانی است. این مرکز در سال ۲۰۱۳ با ماموریت مشارکت در انتقال جهانی به سمت یک سیستم انرژی قابل اعتماد، پایدار و کم کربن از طریق توسعه راحل‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات که از تحول دیجیتالی بخش انرژی پشتیبانی می‌کند، تاسیس شد. در آلمان نیز پژوهش‌ها و تحقیقاتی قابل توجهی در این خصوص صورت گرفته است. با توجه به اینکه شرکت‌های حوزه انرژی در موقعیتی قرار دارند که مدل‌های تجاری سنتی سودآوری خود را از دست داده‌اند و به دنبال روش هایی هستند که با آموزش و پژوهش به مشتریان خود آنها را تشویق به صرفه جویی انرژی کنند. در این زمینه در مقاله‌ای که توسط Matti Grosse و همکاران ارائه گردیده است بیزنس مدل انفورماتیک انرژی برای چندین شرکت در آلمان بررسی و اجرایی گردیده است (گروسه[3] و دیگران، ۲۰۱۹).

1 Mallaband
2 Springer
3 Groose

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

هدف این مقاله مروری بر حوزه‌ی جدید انفورماتیک انرژی با نشان دادن روندهای فعلی، چالشها، فرصتها و مسیرهای آینده بر اساس سه محرک اصلی پژوهش، آموزش و نوآوری صنعتی جهت توسعه بازاری آموزش عالی است (محسنی و دیگران، ۲۰۱۵). هدف این است که به حوزه انفورماتیک در مسیری نگاه کنیم که فراتر از چشم اندازهای پژوهشهای علمی خالص است. این مقاله تحلیلهایی را بررسی می‌کند که شامل بازتاب رویکردهای آموزشی فعلی و آینده و بحث در مورد این که چگونه اختراعات صنعتی و تجارتهای جدید می‌توانند در حوزه‌ی جدید انفورماتیک انرژی ظهور کنند. در این راستا، سه بخش اصلی پیشنهاد شده است: یک بخش به تشریح روندهای پژوهشهای فعلی در انفورماتیک انرژی و همچنین به فرصتها و چالشهای پژوهش میان رشته‌ای می‌پردازد؛ بخش دیگر روی این که چگونه حوزه‌ی انفورماتیک انرژی با دانشجویان ارتباط بگیرد و چالشها و فرصتهای دوره‌های اموزشی انفورماتیک انرژی در دانشگاه‌ها چیست؛ و بالاخره بخش سوم روی اینکه چه نوع زمینه‌ی عملی بر اساس نیازهای کسب و کار آینده از متخصصان انفورماتیک انرژی مورد توقع است بحث می‌کند. در قسمت آخر مقاله، پیشنهاد کلی تاسیس یک مرکز تخصصی برای پرداختن علمی و صنعتی به موضوع انفورماتیک انرژی ارائه می‌شود. در نهایت، نتیجه گیری و توصیه هایی با توجه به موارد اصلی مورد بحث در هر بخش مقاله بیان می‌شود. همچنین در این مقاله علاوه بر دستیابی به اهداف فوق، تلاش بر اینست که بتوان پاسخی برای سوالات و ابهامات موجود در این حوزه داشته باشیم. برخی از مهم‌ترین این سوالات به شرح ذیل می‌باشد:

رویکردهای آموزشی در حوزه انفورماتیک انرژی براساس روندهای تحقیقاتی و صنعتی چیست؟ روند تحقیقاتی و صنعتی انفورماتیک انرژی در دنیا چگونه است؟ چهارچوب اساسی انفورماتیک انرژی در زمینه آموزش و پژوهش چیست؟ دانشجویان و متخصصان در حوزه انفورماتیک انرژی چه پیش زمینه‌های را برای بهبود یادگیری و آموزش نیاز دارند؟ هنگام ارائه و آموزش یک تخصص بین رشته‌ای مانند انفورماتیک انرژی، چه ملاحظاتی باید در نظر گرفته شود؟ کارآمدترین چهارچوب همکاری برای تاسیس مرکز ملی انفورماتیک انرژی در ایران چگونه می‌تواند باشد؟

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

۲. روش‌ها و زمینه‌های پژوهش در انفورماتیک انرژی

انفورماتیک انرژی رشته‌ای است که با فیزیک، ریاضی، مهندسی، مدیریت و جامعه شناسی و در کانون آنها موضوع انرژی ادغام شده است. ترکیب بیشتر و همکاری نزدیکتر بین سیستم‌های قدرت و انرژی، علوم کامپیوتر و علوم اجتماعی عمده‌ترین هدف است. انفورماتیک انرژی به طور رسمی آخرین یافته‌های علوم رایانه را بر مسائل انرژی و محیط زیست اعمال می‌کند. نسبت و سطح تاثیر هر کدام از موضوعات انرژی و انفورماتیک تا حد زیادی به فرض پژوهش و پروژه مورد نظر بستگی دارد.

انفورماتیک انرژی یک زمینه تحقیقاتی نوآورانه است که استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات را برای مقابله با چالشهای مربوط به انرژی در بر می‌گیرد. بدین منظور، روشهای مورد استفاده برای پیاده سازیهای "هوشمند" اغلب عملکرد سنسورها را با هوش مصنوعی و یادگیری ماشین ترکیب می‌کنند. انفورماتیک انرژی زیرساختها را در حوزه انرژی از جمله منابع تولید انرژی، توزیع، مصرف، خرید/فروش و صدور صورتحساب، و نظارت بر سیستمها و مجوزهای قانونی را ادغام و بهینه می‌کند. در چنین شبکه‌ای است که کارایی عمده‌ترین تأمین کننده‌ها و مصرف کنندگان انرژی با جمع آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات بهبود می‌یابد:

- داده‌های بزرگ، داده‌های کوچک، آمار، مهندسی داده‌ها و معماری داده ها (علوم داده)
- مهندسی برق و الکترونیک، سیستم برق، سیستم انرژی، دیجیتال کردن سیستم قدرت (سیستم‌های قدرت و انرژی)
- محاسبات سبز، الگوریتم‌ها و سیستم عامل، سیستم‌های فیزیکی-سایبری، اینترنت اشیاء، رابطها (علوم کامپیوتر)
- اقتصاد کلان و خرد (اقتصاد)
- تحقیق در عملیات (ریاضی – مهندسی صنایع)
- رفتار کاربر(علوم اجتماعی -Nudging)
- حقوق و مسئولیت‌های مصرف کنندگان برق (قانون و مدیریت)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

واتسون[1] و دیگران در سال ۲۰۱۰ در مقاله ای، در مورد مسیرهای سیستم‌های ارتباطی بحث می‌کنند. گوبل[2] و دیگران در سال ۲۰۱۴، به چالشها و فرصتهای علوم کامپیوتر و سیستم‌های اطلاعاتی در جهت یک شبکه قدرت کارآمد و یکپارچه اشاره می‌کنند. در فرآیند ادغام سیستم‌های انرژی غیرمتمرکز و توزیع شده، وجود یک پروتکل ارتباطی استاندارد ضروری است که این فناوری بطور فزاینده‌ای به سمت یک سیستم یکپارچه ارتباطی در حرکت است. در پژوهشی دیگر، هوآنگ[3] و دیگران در سال ۲۰۱۷، استانداردسازی در معماری شبکه هوشمند را مطالعه می‌کنند. توجه کنیم که استانداردسازی پروتکلها اغلب در رشته هایی مانند مخابرات سیستم‌های الکترونیکی و سیستم‌های کامپیوتر لازم است که انفورماتیک انرژی می‌تواند به عنوان پلی در سازماندهی چنین موضوعات پیچیده و چند رشته‌ای عمل کند.

امروزه داده‌ها با حجم بزرگتر بیشتر در دسترس‌اند اما برای استخراج اطلاعات معنی دار از این داده‌ها از بخش تحلیل داده استفاده می‌کنیم. در زمینه‌ی انرژی به جز تقاضای آشکار و داده‌های تولید، مجموعه داده‌های پیچیده‌تری نظیر انواع داده‌ی استاتیک و دینامیک در دسترس هستند. هگهوس[4] در سال ۲۰۱۸ و ژوو[5] در سال ۲۰۱۶، به حجم زیادی از داده‌های مربوط به انرژی اشاره می‌کنند و اینکه چگونه برنامه‌های یادگیری ماشین می‌توانند برای مواجهه با داده‌های بزرگ بکار گرفته شوند. انفورماتیک انرژی می‌تواند پیشرفتهای محاسباتی را ایجاد کند که به نوبه خود می‌تواند به مسائل انرژی دنیای واقعی و پیچیده اعمال شود.

از یک سو، سیستم‌های انرژی در حال نامتمرکز شدن و پراکندگی بیشتر بوده و منابع انرژی تجدیدپذیر در حال افزایش سهم خود در سبد انرژی کل هستند. به عنوان مثال، برخی پژوهشگران به مدیریت سمت تقاضا مبتنی بر کاربر نهایی در یک محیط شامل چند ریزشبکه پرداخته‌اند (نونا[6] و دیگران، ۲۰۱۴) در جاییکه انفورماتیک انرژی تولید محلی و توزیع شده و چشم اندازهای تجاری جدید و نوآورانه را به همراه مدیریت سیستم‌های پیچیده شبکه توزیع تسهیل می‌کند (نیکخواجوی و دیگران، ۲۰۰۹) و

1 Watson
2 Goebel
3 Huang
4 Heghedus
5 Zhou
6 Nunna

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

(کاسالیچئو[1] و دیگران، ۲۰۱۶). از سوی دیگر، بخش حمل و نقل نیز شاهد افزایش وسایل نقلیه برقی[2] است که نه تنها سازگار با محیط زیست هستند بلکه می‌توانند به عنوان وسیله‌ای برای ذخیره انرژی هنگام پایین بودن قیمت و تخلیه شارژ در هنگام بالا بودن قیمت عمل کنند. مال[3] و دیگران در سال ۲۰۱۳، شارژ هوشمند وسایل نقلیه برقی و عملیات انتقال از خودرو به شبکه[4] را شرح می‌دهند و در سال ۲۰۱۶، ، یک مکانیسم کنترل ترافیک بر اساس پایش وضعیت انرژی توسط ژانگ و دیگران مورد مطالعه قرار گرفته است. در عین حال، تجهیزات خانگی نیز در حال هوشمندتر شدن هستند. بدین ترتیب فرصتها و چالشهای جدیدی در هماهنگی آنها برای استفاده بهینه و کارآمد از انرژی ایجاد می‌شود. کنتورهای انرژی هوشمند در مقیاس گسترده در اتحادیه اروپا مستقر شده‌اند (ژوو و دیگران، ۲۰۱۷) و نویسندگان دیگری نیز در مورد شهر هوشمند، اینترنت اشیاء و ویژگیهای شبکه هوشمند برق متصل به شبکه سیستم‌های انرژی بحث می‌کنند (موروواج[5] و دیگران، ۲۰۱۱) و (آل علی و دیگران، ۲۰۱۷).

در حوزه علوم اجتماعی، رفتار مصرف کننده برای درک بهتر پتانسیل انعطاف پذیری سمت تقاضا مورد بررسی قرار می‌گیرد. نول[6] و دیگران، ۲۰۱۴، در مورد نقش راهنمایی برای تصمیم گیری آگاهانه[7] در مورد بهره وری انرژی برای مصرف کنندگان بحث می‌کنند. این امر پاسخ سوالات پژوهشهایی مربوط به تغییر رفتار، راحتی کارکنان و تعامل مصرف کننده را روشن می‌کند. کلاین[8] و دیگران، ۲۰۱۲، با استفاده از سیستم چند عامل، مدیریت انرژی هماهنگ را برای آسایش مصرف کننده بررسی می‌کنند. گانگله[9] و دیگران، ۲۰۱۳، تعامل مصرف کننده را با توجه به پروژه‌های مختلف شبکه هوشمند در اتحادیه اروپا ارائه می‌دهند. از آنجائیکه سیستمها به سمت ادغام و هماهنگی بالا پیش می‌روند، انفورماتیک انرژی ممکن است متخصصان حوزه‌های مختلف را به دستیابی به یک راه حل جامع و بهینه رهنمون سازد.

1 Casalicchio
2 Electric Vehicles (EV)
3 Mal
4 Vehicle to Grid (V2G)
5 Morvaj
6 Newell
7 Nudging
8 Klein
9 Gangale

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

همچنین، با افزایش ادغام سیستم‌های انرژی، چالش‌های مربوط به حریم خصوصی رو به افزایش است. کایجپرس[1] و دیگران در سال ۲۰۱۳، با مطالعه موردی از هلند، بر موضوعات مربوط به حریم خصوصی در رابطه با کنتورهای انرژی هوشمند تمرکز کرده اند. لوآن[2] و دیگران (۲۰۱۵) تأیید اتصال شبکه توزیع را از طریق تجزیه و تحلیل داده‌ها با در نظر گرفتن نقش کنتورهای انرژی هوشمند بررسی می‌کنند. پیئرسون[3] و دیگران در سال ۲۰۱۱، تهدیدات سایبری و نگرانیهای امنیتی شبکه‌های هوشمند در اروپا را بررسی می‌کنند. بدین ترتیب، مسائل حقوقی و قانونی مربوط به بخش انرژی نیاز به بازنگری و اصلاح منطبق با سرعت پیشرفت در فناوریها دارد (روگن کامپ[4] و دیگران، ۲۰۰۷).

بطور کلی وقتی رویکرد در پژوهش به سمت چند رشته‌ای متمایل است که در آن کارشناسان رشته‌های مختلف حضور دارند و یک زمینه پژوهشی میان رشته ای‌تر می‌شود، برای ساده‌سازی پژوهش نیاز به تعریف استانداردهای جدید و بروز می‌باشد. انفورماتیک انرژی یک رویکرد میان رشته‌ای است که می‌تواند از پشیرفته‌ترین فناوریها بهره ببرد. انفورماتیک انرژی می‌تواند با لحاظ کردن جنبه‌های اجتماعی، همگرایی پیشرفتها را در علوم رایانه و در مسائل مربوط به انرژی در دنیای واقعی تسهیل کند. از طرفی، هیچ راه حل واحدی مناسب برای همه وجود ندارد. به عنوان مثال، یک راه حل برای اروپای شمالی برای کشورهای بالتیک قابل استفاده نیست و برعکس. در حالی که اصول انفورماتیک انرژی یکسان است، باید راه حل‌ها برای انطباق با مشخصات فرهنگی، قانونی، و جغرافیایی هر منطقه مجدد تنظیم شود[5].

انفورماتیک انرژی متخصصان رشته‌های مختلفی را برای حل یک مشکل واحد گرد هم می‌آورد. در حالی که هدف از این پروژه ممکن است واحد باشد، حوزه‌های مختلف آن را متفاوت می‌فهمند بنابراین متفاوت پاسخ می‌دهند. بدین ترتیب نکته اصلی مدیریت پژوهشی در اینجا این است که بر روی اصول اساسی توافق شود (ابوئل لا[6] و دیگران، ۲۰۰۷). روسینی[7] و دیگران در سال ۱۹۷۹، چارچوبی را ارائه

1 Cuijpers
2 Luan
3 Pearson
4 Roggenkamp
5 Glocalization
6 Aboelela
7 Rossini

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

می‌دهند که در مورد چالشهای یک تیم پژوهشی میان رشته‌ای بحث می‌کند. بسیئو[1] و دیگران در سال ۲۰۱۴، نقشه راه برای یک پژوهش موفقیت آمیز میان رشته‌ای ارائه می‌دهند که یک رویکرد بازتابی را پیشنهاد می‌کند. به عنوان مثال انرژی تجدید پذیر بخشهایی از قبیل علوم مواد، مهندسی برق قدرت، علوم کامپیوتر، مهندسی مکانیک، علوم اجتماعی و غیره را در بر می‌گیرد. در واقع، تیم پژوهش‌های میان رشته‌ای طیف گسترده‌ای از موضوعات را در بر می‌گیرد. بنابراین مزیت این است که راه حل توسعه یافته برای سناریوها و شرایط متعدد قابل اجرا است. با این حال، چالش این است که در مقایسه با اهداف پژوهش یک بعدی به طور چشمگیری زمان بیشتری می‌برد. داشتن یک تیم میان رشته‌ای از زمانی که جامعه به سمت یک سیستم شناختی و بهم پیوسته حرکت می‌کند، اهمیت بیشتری دارد. در گذشته یافتن راه حل مجرد و تنها برای یک مسئله قابل قبول بود. از آنجا که جهان بیشتر به هم متصل شده است، تقاضای بالاتری برای یک راه حل جهانی، بهینه و با زمان موثر وجود دارد. بنابراین تدوین ابزار یا بررسی یک موضوع پژوهشی بیش از گذشته نیاز به صلاحیت رشته‌های مختلف دارد. به عنوان نمونه، توافق پاریس برای مقابله با تغییرات آب و هوا قابل دستیابی نیست مگر اینکه تمام جهان و تخصصهای مختلف متحد شوند تا اقدامات جدی را انجام دهد. به عنوان مثالی دیگر، انرژی خورشیدی از متخصصان رشته‌های علوم مواد، الکترونیک و سیستم قدرت بهره می‌برد. بهره وری از ترکیب مواد پنل فتوولتائیک خورشیدی توسط متخصص علوم مواد بهتر مورد بررسی قرار می‌گیرد در حالی که یکارچگی کارآمد آن در شبکه توسط سیستم قدرت قابل حصول است. بنابراین، چالشهای اصلی یک گروه پژوهشی میان رشته‌ای شامل موانع ارتباط کارا و عدم درک متقابل از روشها می‌شود اما محدود به آن نیست. در یک پروژه میان رشته ای، دیدگاه‌های مختلفی وجود دارد زیرا دامنه‌های مختلفی تحت پوشش قرار می‌گیرند. به منظور ادغام صحیح دیدگاه ها، لازم است نقاط مشترک ایجاد شود. به عنوان مثال، تمرکز روی "آنچه هدف نیست"، اختلافات در پژوهش مورد نظر را بیشتر می‌کند. برای تقویت همکاری در یک گروه پژوهشی میان رشته ای، دوره‌های آموزشی جدید میان رشته‌ای لازم است که در بخش بعدی مقاله به آن پرداخته می‌شود.

و بلاخره اینکه یک چالش عمده در تیمهای میان رشته ای، انتخاب سبد مناسب مهارتها است. رویکرد میان رشته‌ای به خودی خود و در صورت اشتباه در ایجاد سبد مناسبی از تخصصها، همیشه مفید

1 Bossio

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

نیست. در واقع، رویکرد میان رشته‌ای زمانی خوب است که رشته‌های مرتبط در یک پژوهش خاص که مورد هدف است، با یکدیگر در تفاهم کامل و درک متقابل باشند. به عبارت دیگر، یک تیم تحقیقاتی میان رشته‌ای مناسب جایی است که افراد مهارتهای متفاوتی دارند اما مکمل هم هستند و نه تولید کننده بردارهایی با برآیند صفر! اگر تخصص، چشم اندازها و علایق علمی افراد بیش از حد از هم جدا شوند و هیچ ارتباطی با یکدیگر نداشته باشند، نتیجه‌ی تیم در طولانی مدت ناموفق خواهد بود. برخورداری از تخصصهای مختلف در کنار هم، نباید منجر به "جزیره ای" و جدا شدن محققان در مسیرهای مختلف شود. از این نقطه نظر، یک رهبری مناسب برای اطمینان از انسجام در تیم و بهره برداری مناسب از منابع مختلف در جهت دیدگاه‌ها و اهداف مشترک ضروری است.

۳. آموزش انفورماتیک انرژی به دانشجویان و متخصصان

هدف این بخش بحث و توصیف ویژگیهای اصلی دوره‌های انفورماتیک انرژی، با توجه به روندهای موجود، نیازهای آموزشی آینده و معنای واقعی دامنه انفورماتیک انرژی می‌باشد. ذکر این نکته حائز اهمیت است که توجه بیشتر در اینجا بحث در مورد دوره‌های منفرد انفورماتیک انرژی است، نه برنامه‌های کامل مطالعه انفورماتیک انرژی. نمونه هایی از برنامه‌های مطالعاتی جامع می‌تواند شامل این موارد باشد: برنامه‌های حرفه‌ای ۱ ساله، برنامه‌های کارشناسی ۴ ساله، دوره‌های کارشناسی ارشد ۲ ساله، کارگاههای چند ماهه و غیره .بنابراین هدف بحث در مورد آموزش انفورماتیک انرژی به عنوان یک دوره واحد و مجزا در یک برنامه آموزشی موجود است. برنامه‌های کامل و آکادمیک انفورماتیک انرژی در یک مقاله جداگانه مورد بحث قرار خواهد گرفت.

از این منظر، اولین سؤالی که ایجاد می‌شود این است که: کدام برنامه‌های مطالعه می‌توانند یا بایستی شامل دوره‌های انفورماتیک انرژی باشد؟ برای پاسخ به این سؤال مهم است که معنای اصلی و تعریف موضوع انفورماتیک انرژی را در نظر بگیریم، یعنی استفاده از علم کامپیوتر برای حل مشکلات مرتبط با انرژی. این امر به یک تمرکز کاربردی بسیار قوی و امکان استفاده از رشته‌های اساسی انرژی و انفورماتیک برای رسیدگی به مشکلات دنیای واقعی در حوزه انرژی نیاز دارد. با در نظر داشتن این نکته، می‌توان ادعا کرد که دوره‌های انفورماتیک انرژی می‌تواند جایگاه مناسبی را در انواع برنامه‌های مطالعاتی پیدا کند. به طور خاص، برنامه‌های آموزشی مناسب شامل موارد مرتبط با انفورماتیک (از جمله علوم

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

کامپیوتر و موارد مشابه)، یا موضوعات مرتبط با انرژی و قدرت (مانند مهندسی برق و موارد مشابه) یا موضوعات مرتبط با محیط زیست (مانند مهندسی محیط زیست و موارد مشابه) می‌باشد. علاوه بر این، برنامه‌های آموزشی مناسب می‌توانند دوره‌های عملیاتی کوتاه مدت باشند که با کاربردهای مختلفی در دنیای واقعی مرتبط هستند.

سؤالی دیگر که از دید آموزش آکادمیک مطرح می‌شود و قابل بحث است این است که آیا دوره‌های انفورماتیک انرژی برای مقاطع لیسانس مناسب هستند یا بهتر است در مقطع کارشناسی ارشد ارائه شوند. برای پاسخ به این سؤال باید در نظر داشت که رویکرد میان رشته‌ای از خصوصیات اجتناب ناپذیر دوره‌های انفورماتیک انرژی است و پیش نیاز آن داشتن دید نسبتا گسترده‌ای در مورد موضوعات مرتبط با انرژی در دنیای واقعی می‌باشد. این بدان معنی است که شایستگی‌های اساسی و دانش مقدماتی در مورد مفاهیم انرژی و انفورماتیک باید بخشی از سوابق تحصیلی دانشجویان باشد. بنابراین، دوره‌های انفورماتیک انرژی به عنوان دوره‌های تخصصی در سطح کارشناسی ارشد مناسب است، جایی که دانشجویان در حال حاضر پایه و اساس موضوعات اساسی را ایجاد کرده‌اند که می‌توانند در طول دوره خود از آنها استفاده کرده و بیشتر گسترش دهند. با این وجود، این را نیز باید در نظر داشت که دانشجویان برنامه‌های تحصیلی مختلف، پیشینه متفاوتی از موضوعات اساسی دارند. بنابراین لازم است که دوره آموزشی طوری طراحی شود که برخی از سخنرانیهای مقدماتی را نیز شامل شده که مهارتهای مکمل لازم در زمینه انرژی یا انفورماتیک در اختیار دانشجویان قرار گیرد و به این گونه آنها قادرند به راحتی دوره را دنبال کنند. این باعث می‌شود افزودن ارزش دوره می‌شود و ساختار کلی دوره را برای دانشجویان جالبتر کند.

در تعریف و طراحی مجموعه‌ای از مباحث به عنوان زمینه و پایه مشترک برای دوره‌های انفورماتیک انرژی، نباید از یاد برد که مبحث "انفورماتیک انرژی" اساساً از دو کلمه خوش تعریف و مستقل ساخته شده است: انرژی و انفورماتیک. بنابراین لازم است که به هر دو موضوع – انرژی و انفورماتیک – به درستی پرداخته شده تا یک دوره موفق، معنی دار و جامع انفورماتیک انرژی ارائه شود. چالش در اینجا این است که در دوره‌های انفورماتیک انرژی بسته به اینکه در قالب چه برنامه جامع‌تری در حال ارائه هستند و فلسفه و چشم انداز آن برنامه‌ی اصلی چیست، تمایل به اولویت دادن به یک جنبه بر دیگری وجود خواهد داشت. به عنوان مثال، یک دوره‌ی انفورماتیک انرژی که در دپارتمان مطالعات علوم کامپیوتر ارائه می‌شود، ممکن است تمایل به اضافه کردن جنبه‌های علوم

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

کامپیوتر و کاستن از موضوعات مرتبط با انرژی داشته باشد. اما برای اینکه چنین دوره‌ای واقعاً موفق باشد، آموزش انفورماتیک انرژی باید جنبه‌های مختلف را در بر بگیرد و فقط به رویکردهای علوم رایانه و یا جنبه‌های مربوط به انرژی محدود نگردد. هیچ یک از دو جنبه نباید بیش از حد و یا کمتر ارزیابی شود، بلکه باید هر دو با هم ارتباط داشته باشند به گونه‌ای که دانشجویان در هر دو حوزه فرصتی برای استفاده، توسعه، و کسب مهارت داشته باشند.

برای درک بهتر از آنچه که می‌تواند یا بایستی در دو موضوع اصلی انرژی و انفورماتیک جای بگیرد، شایسته است یک بار نگاهی به لیستی از کلیه موضوعات مربوطه در هر دو حوزه داشته باشیم. الف) حوزه انرژی: انتقال حرارت؛ تبدیل انرژی و بهره وری؛ انرژی در ساختمان؛ حاملهای انرژی؛ تقاضای برق؛ شبکه‌های هوشمند؛ سیستم‌های تولید قدرت و انرژی هوشمند؛ انرژی تجدید پذیر؛ انرژی و حمل و نقل؛ گرمایش یکپارچه؛ انرژی و محیط زیست؛ برنامه ریزی انرژی؛ سیاست انرژی؛ اقتصاد انرژی؛ مدیریت انرژی؛ مدیریت سمت تقاضا؛ میکروگرید؛ شهرها و محله‌های متصل و هوشمند؛ بازار انرژی؛ راندمان انرژی؛ تولید پراکنده؛ گازهای گلخانه ای؛ تولید همزمان برق و حرارت؛ گرمایش جهانی؛ یکپارچه‌سازی سیستمها؛ تولید در مقیاس کوچک/در سایت؛ نیروگاههای فسیلی؛ تجارت کربن؛ فن آوریهای ذخیره انرژی؛ مدلهای تجاری برای بهره برداری از سیستم‌های تولید و ذخیره، انتقال و توزیع؛ توسعه و مصرف پایدار؛ سیستمها و اجزای انرژی تجدید پذیر؛ و غیره؛ ب) حوزه انفورماتیک :سیستم‌های توزیع شده؛ تکنولوژیهای ارتباطات و تبادل/تحلیل اطلاعات؛ برنامه نویسی موازی؛ بانک اطلاعاتی پیشرفته؛ برنامه نویسی؛ ارتباطات رایانه ای؛ امنیت رایانه؛ مهندسی نرم افزار؛ محاسبات سبز؛ هوش مصنوعی؛ سیستم‌های عامل؛ الگوریتمها؛ تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ؛ یادگیری ماشین؛ اینترنت اشیا؛ حریم خصوصی و امنیت داده ها؛ و غیره.

با توجه به اینکه موضوعات انرژی و انفورماتیک بسیار گسترده و وسیع هستند، نیاز به انتخاب زیر مجموعه‌ای از موضوعات مرتبط است که قرار است بخشی از دوره مورد نظر انفورماتیک انرژی باشد. چگونگی انتخاب چنین موضوعاتی هنوز یک سؤال باز است که باید در دو بخش مورد بررسی قرار گیرد. در ابتدا مهم است آنچه را که لازم و ضروری است، به عنوان پایه برای هر دوره انفورماتیک انرژی تعریف کنیم. این را می‌توان به عنوان یک "چهارچوب اساسی" شناخت که دوره‌های انفورماتیک انرژی را پایه گذاری می‌کند. سپس، ضروری است که "ویژگیهای متمایز کننده" هر دوره مشخص شود که می‌توان به

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

چارچوب اساسی افزود. اینها بر اساس علایق پژوهشی استادان، فلسفه اصلی برنامه مورد نظر، نیازهای کشور/منطقه خاص، نیازهای بازار کار در آن منطقه که دوره در آنجا ارائه می‌شود و غیره تعیین خواهند شد.

برای تهیه دوره‌های استاندارد انفورماتیک انرژی، بهتر است که یک چهارچوب مشترک اساسی تعریف شده و بین دانشگاهها و مراکز آموزش عالی داوطلب یا علاقمند به اشتراک گذاشته شود. این بدان معنی است که شناسایی مواردی که قرار است در دوره‌های انفورماتیک انرژی الزامی شود، مهم است. هنگام تعریف مباحث مشترک که باید بخشی از هر دوره انفورماتیک انرژی در هرجا باشد، شایسته است فرضیات اصلی زیر را در نظر بگیریم:

- انفورماتیک انرژی یک موضوع گسترده و میان رشته‌ای است که نه به معنای متخصص بودن در طراحی و عملکرد سیستم‌های قدرت/انرژی و همچنین نه متخصص بودن در علوم کامپیوتر است، بلکه بیشتر مربوط به ایجاد پل بین این دو حوزه است.
- انفورماتیک انرژی یک موضوع میان رشته‌ای است، به این معنی که این دوره باید موضوعاتی را آموزش دهد که دو حوزه انرژی و انفورماتیک را بهم پیوند داده و در کنار هم قرار می‌دهد.

برای پرداختن به جنبه ذاتی گسترده انفورماتیک انرژی، باید رویکرد سطح بالایی از تدریس حفظ شود. این بدان معنی است که نمی‌توان و نباید بیش از حد به جزئیات در این دوره پرداختو صرفا لازم است تصویری گسترده برای دانش پژوهان با پیشینه و تخصصهای مختلف ارائه شود. از این منظر، باید یک دوره انفورماتیک انرژی برای دانشجویان با پیش زمینه‌های مختلف از برنامه‌های مطالعاتی مختلف (همانطور که در ابتدای این بخش مشخص شد) در دسترس دانشجویان قرار گیرد. این بدان معنی است که باید مقدمه وسیع و گسترده‌ای از دو حوزه انرژی و انفورماتیک در این دوره با توجه ویژه به این موارد ارائه شود: مفاهیم اساسی سیستم‌های قدرت و انرژی مانند شبکه انرژی، شبکه‌های هوشمند و ریزشبکه‌ها، تغییرات آب و هوایی، سیاستهای انرژی، اقتصاد انرژی، مکانیسمهای بازار، ساختمانهای هوشمند، سیستم‌های انرژی در آینده و گذار سیستمها به کم کربن، مدیریت سمت تقاضا؛ و در علوم رایانه مفاهیم اساسی مانند داده‌های بزرگ، تجزیه و تحلیل داده ها، محاسبات موازی و توزیع شده، بسترهای نرم افزاری برای تجزیه و تحلیل داده ها، سیستم‌های فیزیکی سایبری، اینترنت اشیاء، امنیت سایبری و محافظت از حریم خصوصی، مهارت‌های مدلسازی و برنامه نویسی، اندازه گیری دیجیتال، و راحتی مصرف کنندگان/تعامل کاربر و مکانیسمهای بازار.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

برای پرداختن به جنبه ذاتی میان رشته‌ای انفورماتیک انرژی، لازم است سخنرانیهایی ارائه شود که به دانشجویان می‌آموزد که چگونه دانش در دو بخش انرژی و انفورماتیک را می‌توان پیوند داد. این امر می‌تواند با بحث در مورد برنامه‌های کاربردی دنیای واقعی فناوری اطلاعات و ارتباطات با تمرکز روی مشکلات مرتبط با انرژی انجام شود، جایی که دو حوزه انرژی و انفورماتیک یکدیگر را تکمیل می‌کنند. از آنجا که زمینه برنامه‌ها بسیار گسترده است، باید انتخابی از مناسب‌ترین و مرسوم‌ترین آنها انجام شود. این به بخش بعدی مقاله منتهی می‌شود که در آن ویژگیهای متمایز دوره‌های انفورماتیک انرژی مورد بحث قرار می‌گیرد.

از آنجا که انفورماتیک انرژی یک حوزه بسیار جوان و پویا است، از این رو باید جایی برای اساتید و سخنرانیها وجود داشته باشد تا مباحث مربوطه‌ی خاصی را در بر بگیرد که تاثیرشان نیز قابل مشاهده و اندازه گیری باشد. این بدان معناست که در کنار قالب و پیش زمینه مشترک، بسته به صلاحیتهای موجود مناسب، علایق پژوهش و همچنین نیازهای خاص بازار کار در منطقه‌ای که دوره در آن ارائه می‌شود، لازم است "ویژگیهای متمایز" دانشگاه‌ها و بخش‌های مختلف را شناسایی کرد. بنابراین مهم است که بخشی از فضا، به موضوعات خاص مورد نظر اساتید قرار گیرد به گونه‌ای که این دوره دارای قسمت ویژه‌ای باشد که مربوط به پژوهشی خاص باشد که توسط اساتید معین اداره می‌شود. به هر حال ویژگیهای متمایز باید به موضوعات بسیار تخصصی مربوط به حوزه انفورماتیک انرژی مربوط باشد. نمونه هایی از ویژگیهای متمایز را می‌توان با تمرکز ویژه روی مدل‌سازی انرژی هوشمند و سیستم‌های قدرت (مانکارلا[1] و دیگران، ۲۰۱۶)، یا محاسبات سبز (ساها[2] و دیگران، ۲۰۱۸) یا تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ انرژی و یادگیری ماشینی نشان داد (اما به آنها محدود نمی‌شود) (جیانگ[3] و دیگران، ۲۰۱۶) و (موسوی و دیگران، ۲۰۱۹). این مدلها با استفاده از زبانهای برنامه نویسی مثل پایتون قابل اجرا هستند (هارت[4] و دیگران، ۲۰۱۷) و (دونینگ[5] و دیگران، ۲۰۱۷). مدلسازی و بهینه‌سازی همچنین نیاز به مدیریت و

1 Mancarella
2 Saha
3 Jiang
4 Hart
5 Dunning

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

دستکاری داده‌ها دارد که می‌توان از طریق یادگیری ماشین به دست آورد. در واقع، در حالی که یادگیری ماشین به منظور استخراج دانش از داده هاست، مدلسازی هوشمند انرژی و سیستم‌های قدرت با هدف تبدیل چنین دانشی به تصمیمات بهینه است. در حقیقت، بخش انرژی مقادیر زیادی از داده‌ها را، بطور مداوم، از طرف عرضه و از طرف تقاضا جمع می‌کند. در شبکه‌های هوشمند، منبع اصلی داده‌ها زیرساخت اندازه گیری پیشرفته به همراه دستگاههای هوشمند مختلف مانند سنسورها و کنتورهای هوشمند است که در کل مراحل تولید، انتقال، توزیع، و مصرف برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. سایر منابع بزرگ داده عبارتند از داده‌های آب و هوا، داده‌های تلفن همراه، داده‌های سنجش حرارتی، بانک اطلاعاتی انرژی، داده‌های انرژی پاک، داده‌های وسیله نقلیه الکتریکی، سنسورهای خطوط انتقال، و کنترل تولید/مصرف انرژی از طریق تجزیه و تحلیل رفتاری. از دیدگاه علوم رایانه، این به معنای پرداختن به چالشهای ادغام بانک اطلاعاتی، ظرفیت ذخیره داده ها، استخراج دانش از داده‌ها از طریق یادگیری ماشین، و امنیت و مسائل حریم خصوصی می‌باشد.

موضوع مهم دیگری که برای پرداختن به آن وجود دارد، نیاز به برگزاری دوره‌های انفورماتیک انرژی در خط مقدم پژوهش است، تا دائماً جدیدترین مباحث موجود در این زمینه را در اختیار دانشجویان قرار دهیم. برای پرداختن به چنین نیازهای آموزشی، مطالب آموزشی به صورت ایده آل باید با جدیدترین و باکیفیت‌ترین مقالات منتشر شده در بانک‌های علمی ارائه شود. در واقع، برای چنین دامنه جدید و پویایی مانند انفورماتیک انرژی، مطالب آموزشی می‌تواند خیلی زود منسوخ شود و بنابراین لازم است دائماً به مقالات جدید توجه داشته باشیم تا تازه‌ترین مطالب و ورودیها به دانشجویان ارائه شود. علاوه بر این، سخنرانیهای میهمانان از صنعت که به تشریح جدیدترین برنامه‌های پژوهشهایی موفق در دنیای واقعی می‌پردازد، دوره‌ها را مدرن، تازه و به روز نگه می‌دارد. سخنرانیهای مهمانان صنعتی باید با هدف آماده‌سازی دانشجویان برای دستیابی به دانش کافی در مورد این حوزه و استفاده از آن دانش در مشاغل آینده خود در صنعت بپردازند.

٤. انفورماتیک انرژی و فناوریهای آینده

دانشگاهها به نوعی از مشارکت و/یا همکاری دائمی و پیوسته با بخش صنعت/بازرگانی نیاز دارند تا در مورد درستی طراحی و ارائه بروز برنامه‌های آموزشی دانشجویان تحصیلات تکمیلی در زمینه‌های جدید

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

مهندسی و مورد نیاز صنعت مدرن مطمئن شوند. به این ترتیب، صنعت می‌تواند هم در مشاوره برای توسعه برنامه آموزشی و هم در سخنرانیهای مبتنی بر نوآوری در طی یک دوره خاص آموزشی برای دستیابی به سطح بالاتری از دانش کاربردی کمک کند. چنین همکاری دو سویه‌ای در مواردی که بازار و صنعت در مسیر توسعه پایدار حرکت کرده و به دنبال فارغ التحصیلان توانمند برای پاسخگویی به تمام نیازهای اقتصادی، فنی و حقوقی خود باشند بسیار مبرم خواهد بود.

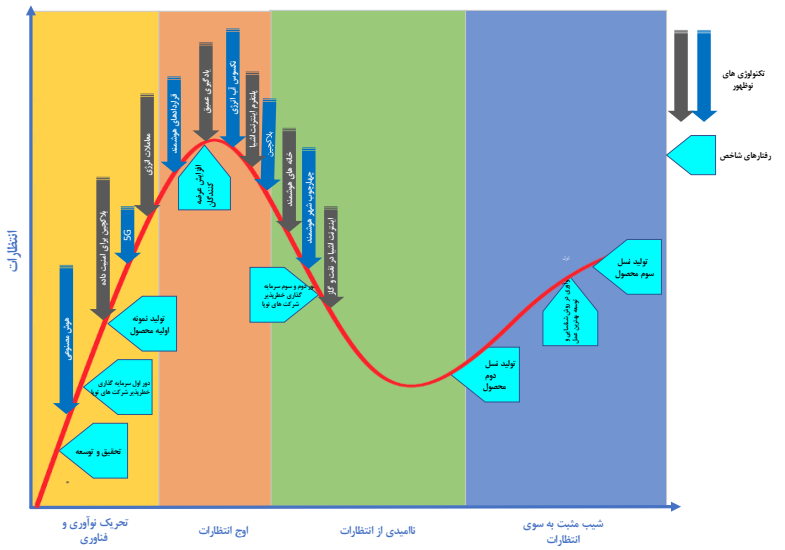
در مورد انفورماتیک انرژی، به طور خاص، که یک حوزه میان رشته‌ای است و در حوزه صنعت چندین فن آوری جدید آینده را در خود ادغام می‌کند، باید یک مدل خلاقانه از رابطه بین صنعت و دانشگاه ارائه شود که در آن یک چارچوب بهینه برای تحقیق و آموزش و نوآوری پیاده‌سازی شده است. در اینجا، به کارگیری یک گروه مشاور از صنعت برای اطمینان از اینکه برنامه‌های آموزشی/پژوهشی کاملاً با تقاضای صنعت مرتبط است، چه اکنون و چه در آینده نزدیک، لازم به نظر می‌رسد. از طرف دانشگاه نیز، یک کمیته علمی صحت و مناسب بودن مدل را برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی انفورماتیک انرژی بررسی می‌کند. یک ابزار مفید برای بررسی دقیقتر چگونگی راه اندازی رشته انفورماتیک انرژی در دانشگاهها مطابق با نیازهای چالش برانگیز بخش صنعتی، استفاده از "روش چرخه هایپ[1]" است که یک دید کلی از پیش بینی پیشرفت فن آوریهای حوزه‌های مختلف در یک دوره زمانی خاص ارائه می‌دهد .استفاده از چنین ابزاری، همچنین اساتید دانشگاه و دانشجویان تحصیلات تکمیلی انفورماتیک انرژی را با وضعیت اخیر نوآوری در این زمینه آشنا می‌کند و آنها را در راستای مطالعه و تحقیق در مورد چالشهای اصلی موجود و آینده‌ی نزدیک (برای مثال به عنوان پایان نامه‌های دانشجوئی)راهنمایی می‌کند.

چرخه هایپ (محبوبیت) که اولین بار توسط شرکت پژوهش، مشاوره و فناوری اطلاعات آمریکایی گارتنر معرفی و مورد استفاده قرار گرفت، نشان دهنده بلوغ، توسعه یافتگی، و کاربرد اجتماعی فناوریهای خاص است. هر چرخه هایپ به پنج مرحله اصلی چرخه عمر یک فناوری تقسیم می‌شود که از میزان تحریک فناوری مورد نظر و علاقه عموم به آن شروع شده و تا اتخاذ مسیر اصلی که فناوری با جهش در چرخه عمر خود مواجه

1 Hype cycle

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

شده است ادامه می‌یابد. در این مرحله، اگر فناوری مورد نظر بیش از یک بازار جاویژه[1] داشته باشد رشد خود را ادامه خواهد داد (گارنتر، ۲۰۲۰). شکل ۱ چرخه هایپ گارتنر[2] را نشان می‌دهد که عمده‌ترین کاربردهای موفقیت آمیز صنعتی را در زمینه خانه‌های متصل، شهرهای هوشمند، و اینترنت اشیا در صنایع نفت و گاز به تصویر کشیده است؛ در حالی که اوج علاقه صنعتی نسبت به یادگیری عمیق، رابطه آب و انرژی، و تکنولوژیهای مربوط به اینترنت اشیا و بلاکچین وجود دارد. مثلا همانطور که در شکل نشان داده شده است، فناوری بلاکچین برای امنیت داده ها، هوش مصنوعی، و 5G در مرحله راه اندازی است که برخی از داستانهای اثبات ایده و نیز توجه رسانه‌ها منجر به محبوبیت آن شده است.



شکل ۱. چرخه هایپ فن آوریهای نوظهور

در عین حال، قراردادهای هوشمند، یادگیری عمیق، سیستم عاملهای IoT، و بلاکچین به طور کلی در نقطه اوج انتظار از فناوری هستند که در این فاز برخی از شرکتها تلاش می‌کنند تا چندین داستان موفق را در واقعیت نشان دهند. شهر هوشمند و خانه ها/ اتومبیلهای متصل نمونه هایی برای کاربرد

1 Niche market
2 Gartner hype cycle

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

صنعتی مفهوم انفورماتیک انرژی هستند که در فاز سوم از چرخه عمر قرار گرفته و با افزایش استفاده از منابع تجدید پذیر، تولید انرژی تجدید پذیر در مقیاس کوچک (در محل)، دسترسی به شبکه برای تولیدکنندگان جدید، پخش بار چند جهته، (ریز) شبکه‌های هوشمند، وجود منابع تجدید پذیر قابل توجه، و فناوریهای پیشرفته ارتباطات و کنترل توزیع شده به سرعت در حال رشد است. این بدان معناست که در اینجا پتانسیل قابل توجهی وجود دارد که بتوان از وضعیت کنونی به سمت یک شبکه انرژی قابل اطمینان تر، مقاومتر و اقتصادی‌تر برای آینده انرژی جهان حرکت کرد.

رفتارهای نشانگر مراحل مختلف چرخه هایپ نیز در شکل ۱ نشان داده شده است که به عنوان مثال تحقیق و توسعه که در بخش قبلی مقاله مورد بحث قرار گرفت، در آغاز مرحله ایجاد فناوری ظاهر می‌شود. پس از آن و در همان مرحله، شرکت‌های نوپا برای اولین بار و با استفاده از بودجه سرمایه گذاری برای تحقق اولین تولید و/یا حداقل محصول قابل دوام[1] اقدام می‌کنند. چرخه هایپ البته باید پس از چند سال مورد بازبینی قرار گیرد و به روز شود به گونه‌ای که فناوریهای مختلف در فاز مناسب (شامل محرک نوآوری، اوج انتظارات، مسیر ناامیدی، و شیب روشنایی) قرار بگیرند .به عنوان مثال، یک سیستم مدیریت انرژی یکپارچه ساختمان[2] یک بستر جامع است که مدیریت و کنترل تولید انرژی، ذخیره سازی، و مصرف حاملهای مختلف آن را برای ساختمانهای هوشمند تسهیل می‌کند جائیکه علاوه بر ساکنین و صاحبان ساختمانهای هوشمند، تولیدکنندگان انرژی پراکنده، صنایع/شرکتهای مدیریت انرژی و مسولان برق منطقه‌ای می‌توانند گروههای هدف چنین سیستمی باشند. امروزه ساختمانها نه تنها در بهره وری انرژی، بلکه در ریز شبکه‌های تولید و تجارت انرژی نیز نقش اساسی خواهند داشت (شورای جهانی انرژی، ۲۰۲۰). در کاربرد مسکونی/تجاری، تحولات آینده در دو بخش انرژی و فناوریهای ارتباطاتی بر هم کنش قابل توجهی وجود خواهد داشت که استفاده از فناوریهای تجاری مانند 5G، تلفنهای هوشمند، مینی LED، eSIM، سنسورهای پیشرفته، سیستم‌های مدیریت انرژی و غیره را هم در تولید و هم در مصرف انرژی ضروری می‌سازد (اشلی[3]، ۲۰۲۰).

1 Minimum Viable Product (MVP)
2 Integrated Building Energy Management Systems (iBEMS)
3 Ashley

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

سرانجام در مورد مدلهای جدید تجاری تحت تأثیر مفهوم انفورماتیک انرژی، شرکتهای خدمات انرژی[1] خود را در موقعیتی متناقض خواهند دید که در آن مدلهای تجاری مرسوم آنها سودآوری خود را از دست می‌دهند. آنها باید بهره وری انرژی و اهداف مربوط به گرمایش زمین را در نظر بگیرند و بنابراین مشتریان خود را برای صرفه جویی در مصرف انرژی تشویق کنند (گروسه و دیگران، ۲۰۱۹) که این مهم بر اساس چارچوب انفورماتیک انرژی و فناوریهای امیدبخش یک سیستم مدیریت انرژی هوشمند به دست خواهد آمد (گروسه و دیگران، ۲۰۱۹) و (واتسون[2] و دیگران، ۲۰۱۰).

۵. پیشنهاد تأسیس انستیتوی ملی انفورماتیک انرژی

در این بخش، به پیشنهاد ایجاد اولین مرکز آموزشی و فناوری مبتنی بر تحقیق و پژوهش در زمینه انفورماتیک انرژی در ایران پرداخته می‌شود. این مرکز می‌تواند "انستیتوی ملی انفورماتیک انرژی" نامگذاری شود که با مقامات دولتی، صنایع بخش خصوصی و دانشگاه‌ها در زمینه پژوهش، نوآوری، و برگزاری دوره‌های حرفه‌ای در این حوزه همکاری خواهد داشت. پیشنهاد می‌شود میزبانی چنین مرکزی با یکی از دانشگاه‌های فنی–مهندسی مطرح کشور در رشته‌های برق، انرژی، و یا کامپیوتر باشد.

دامنه فعالیت این انستیتو مانند خود حوزه انفورماتیک انرژی شامل فناوریهای محاسباتی و ارتباطی از جمله ابرداده، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، رایانش ابری، تکنولوژی زنجیره بلوکی و 5G و طیف گسترده‌ای از کاربردهای آنها در بخشهای مختلف مربوط به انرژی (شبکه توزیع هوشمند، شهرها/ساختمانهای هوشمند، منابع انرژی تجدید پذیر، حمل و نقل و وسایل نقلیه الکتریکی/هیبریدی، تولید همزمان و پراکنده گرما و برق، ذخیره انرژی، مراکز محاسبات سبز و غیره) می‌باشد. این رویکردها و فناوریها، در جهان دیجیتالیزه شده‌ی آینده نه تنها برای بخش انرژی بلکه در مراقبتهای بهداشتی و بیمارستانی، صنایع نفت و گاز، حمل و نقل، رفاه و آموزش، ساخت و ساز، اقتصاد، و تجارت بسیار کاربردی هستند که می‌توانند از جمله‌ی خدمات این مرکز به بخشهای مختلف درآینده باشد.

1 Energy Service Companies (ESCOs)
2 Watson

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

۵-۱. اهداف

این مرکز زمینه‌های کاربردی ذیل را در بر می‌گیرد:

- ساختمانهای هوشمند و تجهیز شده با اینترنت اشیا جهت بهبود بهره وری انرژی با هر دو کاربرد مسکونی و تجاری.
- شهرهای هوشمند با در نظر گرفتن هم افزایی بین الگوهای تقاضا و تأمین انرژی، در دسترس بودن جریان انرژی بمنظور بهبود بهره وری، افزایش و ادغام منابع تجدیدپذیر در مقیاس کوچک، و افزایش مقاومت در برابر شرایط غیرعادی مانند توفان، سیل و زلزله.
- صنایع هوشمند و از جمله توسعه راه حلهای مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات برای بهبود بهره وری انرژی و کیفیت محصول.
- شبکه‌های هوشمند انتقال و توزیع انرژی که با طراحی گزینه‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات و ارائه مدلها / الگوریتمهای دیجیتالی برای مقرون به صرفه‌سازی و ایمن کردن عرضه و تقاضای برق در شبکه‌های سازگار با محیط زیست عمل می‌کنند.

۵-۲. کلیات

برای حصول تمام مزایای عملکرد چنین مرکزی، بهتر است موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

- *هیئت مدیره* :کلیه ذینفعان و حامیان مالی از جمله مقامات دولتی / صاحبان صنایع / دانشگاههای ایران و شرکای بین المللی احتمالی نماینده‌ای در هیئت مدیره خواهند داشت.
- *استراتژی، چشم انداز و رسالت* :بخش مهم ایجاد هر مرکز تحقیقاتی و فناوری موفق، تعریف دقیق برنامه استراتژیک و فعالیتهای کوتاه مدت، میان مدت، و بلند مدت آن است. بدون وجود یک چشم انداز و شرح دقیق وظایف، بعید است که مرکز در بهبود وضعیت تحقیقاتی این زمینه بین رشته‌ای و ارتباط با مشاغل نوظهور آینده توفیقی به دست آورد.
- *بودجه مطمئن* :برای راه اندازی موفقیت آمیز یک مرکز تحقیقاتی-نوآوری، تعریف بودجه‌ای سازمان یافته با منبعی مطمئن یک فاکتور مهم است. در دراز مدت، مسائل مربوط به بودجه ممکن است ساده‌تر برنامه ریزی شود، اما در آغاز، اختصاص یک بودجه ویژه هرچند نه چندان قابل توجه توسط حامیان بسیار مهم است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

- *عملیاتی کردن مرکز* :پس از تعریف ساختار سازمانی و استراتژی و مأموریت انستیتو، یک فضای مناسب برای شروع کار و منابع مالی اولیه برای شروع برنامه‌های عملیاتی اختصاص می‌یابد.

فعالیتها/کارکرد اصلی انستیتوی ملی انفورماتیک انرژی شامل مواردی همچون ارائه گزارش فناوری سالانه، ارائه مشورت به دولت و تصمیم گیران سطح بالا، مدیریت و/یا انجام پروژه‌های پژوهشی-دانشگاهی، همکاری بین المللی در تحقیق و توسعه، ایجاد شبکه‌های ملی و بین المللی، برگزاری سمپوزیوم/سمینار/کارگاههای آموزشی، برگزاری دوره‌های فنی برای مدیران میانی وزارتخانه‌ها و صنایع مرتب،مشاوره پایان نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری با توجه به نیازهای روز و آینده کشور در این حوزه، راه اندازی برنامه‌های آموزش دو و چند جانبه با همکاری شرکای بین المللی، مدیریت پروژه‌های تحقیق و توسعه کاربردی با همراهی شرکای تجاری، حمایت از استارت آپ‌های برجسته در این حوزه به عنوان شتاب دهنده، کمک به انتقال دانش و فناوری، همفکری با مراکز عالی آموزشی و دانشگاهی جهت راه اندازی برنامه کارشناسی ارشد در انفورماتیک انرژی، و غیره می‌باشد. به عنوان مثال، به وسیله دوره کارشناسی ارشد انفورماتیک انرژی، مهندسان باتجربه و محققان با سوابق مختلف در علوم رایانه، ریاضیات و مهندسی برای دستیابی به مهارتها و تواناییهای چند رشته‌ای که یک امر ضروری برای همکاری با بخش انرژی در شهرها و جوامع آینده است، آموزش می‌بینند .در کنار راه حلهای هوشمند مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات، همکاریهای پژوهشی و آموزشی در مورد سیستم‌های انرژی آینده و شهرهای دوستدار محیط زیست می‌تواند چالشهای فرارو را بطور اساسی حل و فصل کند. چهارچوب همکاری پیشنهادی مستلزم هم افزائی گسترده بین رشته‌ای میان گروههای متخصص در علوم کامپیوتر و همچنین سیستم‌های انرژی است.

شرکا

سه وزارتخانه شامل وزارت نیرو، وزارت اطلاعات و فناوری ارتباطات و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری از این مرکز پیشنهادی پشتیبانی خواهند کرد. در اینجا، نقشها و مدل حمایت آنها به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

الف) وزارت انرژی/ وزارت نیرو

- حمایت مادی و معنوی برای دستیابی به و تسریع در تحقق اهداف مرکز

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

- تعریف پروژه‌های تحقیق و توسعه برای مرکز
- پشتیبانی از مرکز برای تجاری‌سازی و بازاریابی محصولات/خدمات توسعه یافته در آن
- ذینفع اصلی در دستاوردهای این مرکز

ب) وزارت اطلاعات و فناوری ارتباطات

- حمایت مادی و معنوی برای دستیابی به و تسریع در تحقق اهداف مرکز
- پشتیبانی پروژه‌های تحقیق و توسعه مرکز
- پشتیبانی از مرکز برای تجاری‌سازی و بازاریابی محصولات/خدمات توسعه یافته
- بهسازی زیرساختهای ارتباطاتی موجود برای انطباق با فناوریهای نوین (مانند تکنولوژی 5G)

ج) دانشگاه (به نمایندگی از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری)

- حمایت مالی جزئی و ابتدایی از مرکز
- اختصاص فضای کاری مناسب و سایر امکانات اساسی لازم برای شروع فعالیتها
- معرفی و تعیین دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری برای تمرکز بر روی پروژه‌های استراتژیک مرکز
- اختصاص نیروی انسانی مانند کارمندان مدیریت پژوهش برای نظارت و تسریع فعالیتهای مرکز
- تسهیل ارتباطات ملی/بین المللی در راستای اهداف مرکز
- کمک به برگزاری کارگاههای آموزشی، سمینارها، فرومها و غیره

ساختار سازمانی

در نهایت، نمودار سازمانی و توضیحات مرتبط به شرح زیر ارائه می‌شود:

A) هیئت مدیره

- نمایندگان دولت شامل
  - ـ وزارت انرژی ایران
  - ـ وزارت اطلاعات و فناوری ارتباطات ایران
  - ـ وزارت صنعت، معدن و تجارت ایران
- نمایندگان دانشگاه میزبان شامل
  - ـ دانشکده‌های مرتبط مثل دانشکده برق، کامپیوتر، مکانیک، و انرژی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

ـ معاونتهای آموزشی و پژوهشی دانشگاه منتخب

ـ دفتر ارتباط با صنعت دانشگاه منتخب

- نمایندگان صنعت شامل

ـ بخش عمومی (به عنوان مثال پژوهشگاه نیرو)

ـ بخش خصوصی (به عنوان مثال کنسرسیومی شامل برخی از استارت آپ‌های مرتبط)

- نمایندگان سهامداران (بخش ۵.۳)

B) کمیته مشاوران

گروهی از مشاوران و خبرگان ملی و بین المللی که توسط هیئت مدیره معرفی می‌شوند.

C) مدیر عامل موسسه

به مدت ۱–۲ سال توسط هیئت مدیره انتخاب می‌شود.

D) شوراهای اصلی

سه فرد اصلی برای هماهنگی موضوعات مربوطه (یعنی تحقیقات، نوآوری، آموزش) که توسط مدیر عامل موسسه به هیئت مدیره پیشنهاد می‌شوند.

E) معاونان

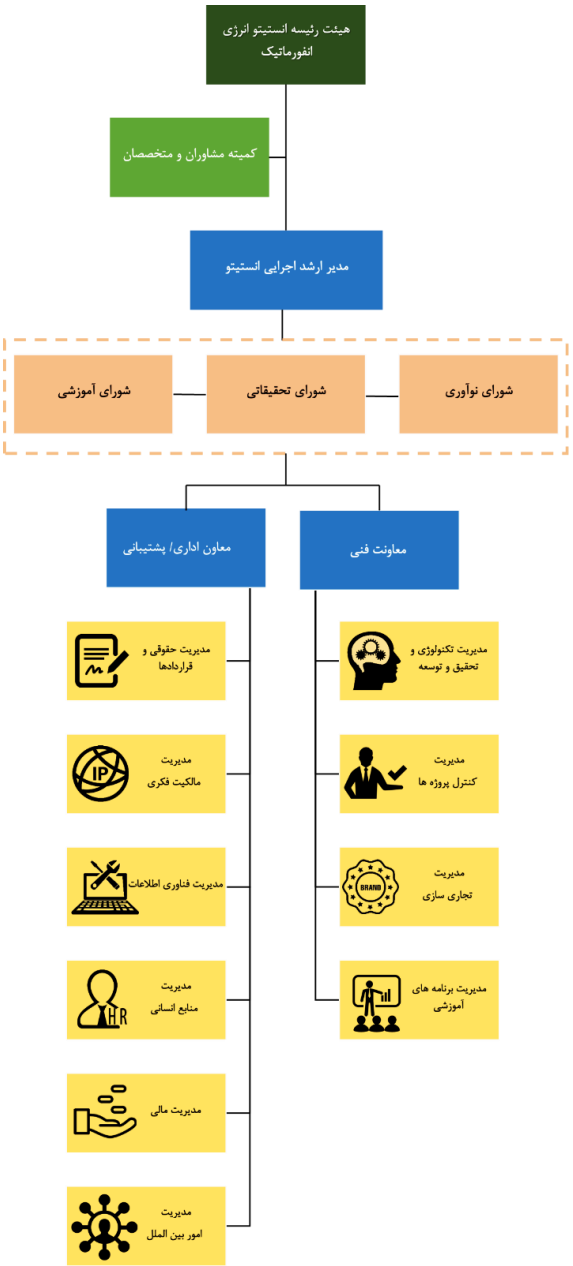
دو نفر برای رسیدگی به امور اداری و فنی از جانب مدیر عامل مؤسسه انتخاب می‌شوند.

F) مدیران

شش مدیر برای مسئولیتهای اداری و چهار مدیر برای مسئولیتهای فنی که توسط معاونین مربوطه تعیین می‌شوند.

جزئیات بیشتر در مورد سازمان انستیتوی پیشنهادی، ساختار، نحوه عملکرد بخشهای مختلف آن، و خدمات مشاوره و فنی قابل ارائه توسط مرکز را می‌توان در زمان دریافت اولین پاسخ مثبت برای پشتیبانی از راه‌اندازی آن ارائه داد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]



شکل ۲. نمودار سازمانی مرکز پیشنهادی انفورماتیک انرژی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

٦. نتیجه گیری

در این مقاله، فرصتها و چالشهای آموزش و پژوهش در حوزه جدید انفورماتیک انرژی با توجه به روند فعلی و مسیرهای آینده و با در نظر گرفتن نوآوریهای صنعتی حوزه مذکور بررسی شده است. جمع بندی اصلی این است که تحقیقات باید از رویکردهای چند رشته‌ای به سمت یک رویکرد میان رشته‌ای حرکت کند و در نتیجه دانش و روشهای رشته‌های مختلف مرتبط بطور چالش برانگیزی ترکیب شود. این امر امکان تحقیق و توسعه را طوری فراهم می‌کند تا مشکلات را در سطوح اجتماعی، اقتصادی، فنی و قانونی با هم حل کند. انفورماتیک انرژی برای دستیابی به این امر مهم مورد توجه است زیرا این رشته نسل جدیدی از متخصصان را آموزش می‌دهد که می‌توانند چالشهای میان رشته‌ای جدید سیستم‌های انرژی یکپارچه و پایدار آینده را به عهده بگیرند.

توصیه اصلی ما در مورد محتوای یک دوره (مقدماتی) انفورماتیک انرژی اطمینان از تعادل بین مباحث انرژی و مباحث انفورماتیک و طراحی دوره در دو قسمت است: یک چارچوب اساسی از عناوین اجباری که یک دانش مشترک انفورماتیک انرژی را در بین موسسات آموزشی تضمین می‌کند، و در بخشی دیگر منعکس کننده تخصص و علایق خاص هر موسسه‌ی ارائه دهنده دوره است. علاوه بر این، مروری بر موضوعات انرژی و انفورماتیک داشته ایم که می‌توان چارچوب اساسی دوره‌ها را از آنها تشکیل داد. ما توصیه می‌کنیم که این دوره شامل مطالب مقدماتی مناسب در زمینه مباحث اصلی و استفاده از چندین سخنران (مهمان) از رشته‌های مختلف مرتبط برای اطمینان از ماهیت میان رشته‌ای دوره باشد. از آنجا که انفورماتیک انرژی در ابتدای راه است و منابع آموزشی محدودی در اکثر دانشگاههای دنیا دارد، پیشنهاد این است که با ایجاد یک برنامه مبادله دانشجو/متخصص، دوره‌های انفورماتیک انرژی بین دانشگاه هایی که فعالیتهایی را در این زمینه آغاز کرده‌اند بطور مشترک برگزار شود .

در آخر و به منظور عملیاتی کردن ایده‌ی فوق الذکر، پیشنهاد ایجاد اولین مرکز آموزشی و فناوری مبتنی بر تحقیق و پژوهش در زمینه انفورماتیک انرژی در ایران داده شده است. این مرکز می‌تواند "انستیتوی ملی انفورماتیک انرژی" نامگذاری شود که با مقامات دولتی، صنایع بخش خصوصی و دانشگاه‌ها در زمینه پژوهش، نوآوری، و برگزاری دوره‌های حرفه‌ای در این حوزه همکاری خواهد داشت. در ضمن، پیشنهاد شده است میزبانی چنین مرکزی با یکی از دانشگاه‌های فنی–مهندسی مطرح کشور در رشته‌های برق، انرژی، و یا کامپیوتر باشد. جزئیات بیشتر در مورد سازمان انستیتوی پیشنهادی، ساختار،

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

نحوه عملکرد بخشهای مختلف آن، و خدمات مشاوره و فنی قابل ارائه توسط مرکز را می‌توان در زمان دریافت اولین پاسخ مثبت برای پشتیبانی از راه اندازی آن ارائه داد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از حمایتهای مالی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و بنیاد ملی نخبگان جهت تامین مالی قرارداد دانشیار مهمان به شماره ۳۸۹/۲۰ با میزبانی دانشگاه صنعتی امیرکبیر و خانم دکتر زهره منصوری کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از همکاران دانشگاهی ام در نروژ که در الهام بخشی پیرامون موضوع این مطالعه موثر بوده‌اند تشکر میکنم.

منابع

Aboelela, S.W., Larson, E., Bakken, S., Carrasquillo, O., Formicola, A., Glied, S. A., Haas, J., Gebbie, K. M. (2007). "Defining interdisciplinary research: Conclusions from a critical review of the literature", Health services research 42(101) 329–346.

Al-Ali, A.-R., Zualkernan, I. A., Rashid, M., Gupta, R., Alikarar, M. (2017). "A smart home energy management system using IoT and big data analytics approach", IEEE Transactions on Consumer Electronics 63 (4) 426–434.

Amin, S. B., Rahman, S. (2019). "The role of ICT in energy sector: towards a digital Bangladesh by 2021", in: Energy Resources in Bangladesh, Springer, pp. 31–35.

Ashley, C. (online; accessed 2020). "Tech that will shape home outlined in trend force's top 10 trends for 2019", www.hiddenwires.co.uk.

Bossio, D., Loch, B., Schier, M., Mazzolini, A. (2014). "A roadmap for forming successful interdisciplinary education research collaborations: A reflective approach", Higher Education Research & Development 33 (2) 198–211.

Casalicchio, E., Lundberg, L., Shirinbad, S. (2016). "An energy-aware adaptation model for big data platforms", in: IEEE International Conference on Autonomic Computing (ICAC), pp. 349–350.

Cuijpers, C., Koops, B.J. (2013). "Smart metering and privacy in Europe: lessons from the Dutch case, in: European data protection: coming of age", Springer, pp. 269–293.

Conejo, A. J., Carrión, M., Morales, J. M., et al. (2010). "Decision making under uncertainty in electricity markets", Vol. 1, Springer.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

Dunning, I., Huchette, J., Lubin, M. (2017). "Jump: A modeling language for mathematical optimization", SIAM Review 59(2) 295–320.

doi:10.1137/15M1020575.

Gandoman, F. H., Ahmadi, A., Sharaf, A. M., Siano, P., Pou, J., Hredzak, B., Agelidis, V. G. (2018). "Review of facts technologies and applications for power quality in smart grids with renewable energy systems", Renewable and sustainable energy reviews 82, 502–514.

Gangale, F., Mengolini, A., Onyeji, I. (2013). "Consumer engagement: An insight from smart grid projects in Europe", Energy Policy 60, 621–628.

Grosse, M., Send, H., Schildhauer, T., (2019). "Lessons learned from establishing the energy-informatics business model: Case of a German energy company", Sustainability 11 (3) 857.

Goebel, C., Jacobsen, H.-A., del Razo, V., Doblander, C., Rivera, J., Ilg, J., Flath, C., Schmeck, H., Weinhardt, C., Pathmaperuma, D., et al. (2014). "Energy informatics", Business & Information Systems Engineering 6 (1) 25–31.

Hart, W. E., Laird, C. D., Watson, J.-P., Woodruff, D. L., Hackebeil, G. A., Nicholson, B. L., Siirola, J. D. (2017). "Pyomo-optimization modeling in python", Springer optimization and its application, Edition 2., Vol. 67.

Heirani, H., Bagheri, N., Razavipour, R. (Fall 2012). "Prioritizing R & D projects at national level; Case study: Energy Commission of the High Council of Science, Research and Technology", Rahyaft, No. 52.

Heghedus, C., Chakravorty, A., Rong, C. (2018). "Energy informatics applicability; machine learning and deep learning", in: 2018 IEEE International Conference on Big Data, Cloud Computing, Data Science & Engineering (BCD), IEEE, pp. 97–101.

Huenteler, J., Niebuhr, C., Schmidt, T. S. (2016). "The effect of local and global learning on the cost of renewable energy in developing countries", Journal of Cleaner Production 128, 6–21.

Huang, B., Bai, X., Zhou, Z., Cui, Q., Zhu, D., Hu, R. (2017). "Energy informatics: Fundamentals and standardization", ICT Express 3(2), 76–80.

Iweka, O., Liu, S., Shukla, A., Yan, D. (2019). "Energy and behaviour at home: a review of intervention methods and practices", Energy Research&Social Science 57, 101238.

Jiang, H., Wang, K., Wang, Y., Gao, M., Zhang, Y. (2016). "Energy big data: A survey", IEEE Access 4, 3844–3861.

Kasperbauer, T. J. (2017). "The permissibility of nudging for sustainable energy consumption", Energy Policy 111, 52–57.

Klein, L., Kwak, J.-y., Kavulya, G., Jazizadeh, F., Becerik-Gerber, B., Varakantham, P., Tambe, M. (2012). "Coordinating occupant behavior for

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

building energy and comfort management using multi-agent systems", Automation in construction 22, 525–536.

Luan, W., Peng, J., Maras, M., Lo, J., Harapnuk, B. (2015). "Smart meter data analytics for distribution network connectivity verification", IEEE Transactions on Smart Grid 6 (4)1964–1971.

Luenendonk, M. (2019). "Industry 4.0: definition, design principles, challenges and the future of employments", www.cleverism.com, online; accessed 2020.

Mal, S., Chattopadhyay, A., Yang, A., Gadh, R. (2013). "Electric vehicle smart charging and vehicle-to-grid operation", International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems, 28(3), 249–265.

Mancarella, P., Andersson, G., Peças-Lopes, J., Bell, K. R. (2016). "Modelling of integrated multi-energy systems: Drivers, requirements, and opportunities", in: Power Systems Computation Conference (PSCC), IEEE, pp. 1–22.

Mallaband, B., Staddon, S., Wood, G. (2017), "Crossing transdisciplinary boundaries within energy research: An 'on the ground' perspective from early career researchers", Energy research & social science 26, 107–111.

Mishra, S., Bordin, C., Palu, I. (2019). "Rnr: Reliability oriented network restructuring", in: 2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University-RTUCON, IEEE.

Mishra, S., Bordin, C., Fornes, J. M., Palu, I. (2019). "Reliability framework for power network assessment", in: E3S Web of Conferences, Vol. 80, EDP Sciences, p. 02005.

Mohseni, M., et al. (Winter 2015). "A Study on the Functions of Innovation Intermediary Institutions in the Field of Renewable Energies", Rahyaft, No. 60.

Moghadaspour, S., et al. (Spring 2020). "The Antecedents and Consequences of Market-Based Higher Education Policy in Iran", Journal of Science and Technology Policy (JSTP), Volume 12, Number 1.

Morvaj, B., Lugaric, L. Krajcar, S. (2011). "Demonstrating smart buildings and smart grid features in a smart energy city", in: Proceedings of the 3rd international youth conference on energetics (IYCE), IEEE, pp. 1–8.

Mosavi, A., Salimi, M., Faizollahzadeh Ardabili, S., Rabczuk, T., Shamshirband, S., Varkonyi-Koczy, A. R. (2019). "State of the art of machine learning models in energy systems, a systematic review", Energies 12 (7) 1301.

Nikkhajoei, H., Lasseter, R. H. (2009). "Distributed generation interface to the certs microgrid", IEEE transactions on power delivery 24 (3) 1598- 1608.

Newell, R. G., Siikamäki, J. (2014). "Nudging energy efficiency behavior: The role of information labels", Journal of the Association of Environmental and Resource Economists 1 (4) 555–598.

Nunna, K. H., Doolla, S. (2014). "Responsive end-user-based demand side management in multimicrogrid environment", IEEE Transactions on Industrial Informatics 10 (2)1262–1272.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

Paterakis, N. G., Erdinç, O., Catalão, J. P. (2017). "An overview of demand response: Key-elements and international experience", Renewable and Sustainable Energy Reviews 69, 871–891.

Pellegrino, M., Musy, M. (2017). "Seven questions around interdisciplinarity in energy research", Energy research & social science 32, 1–12.

Pearson, I. L. (2011). "Smart grid cyber security for Europe", Energy Policy 39 (9) 5211–5218.

Rossini, F.A., Porter, A.L. (1979). "Frameworks for integrating interdisciplinary research", Research Policy 8 (1) 70–79.

Roggenkamp, M., Redgwell, C., Guayo, Del I., Rønne, A. (2007). "Energy law in Europe", National, EU and International Regulation (2a edición, New York, Oxford University Press,).

Saffari, M., Misaghian, M. S., Kia, M., Heidari, A., Zhang, D., Dehghanian, P., Aghaei, J. (2019). "Stochastic robust optimization for smart grid considering various arbitrage opportunities", Electric Power Systems Research 174, 105847.

Saha, B. (2018). "Green computing: Current research trends", International Journal of Computer Sciences and Engineering 6 (3) 467–469.

Schmidt, S., Weigt, H. (2015). "Interdisciplinary energy research and energy consumption: What, why, and how?", Energy Research & Social Science 10, 206-219.

Soomro, A. M., Paryani, S., Rehman, J., Echeverria, R., Prasad, M., Biloria, N. (2019). "Influencing human behaviour to optimise energy in commercial buildings", in: Australian Conference on Information Systems (ACIS).

Springer. (Accessed 2020). Aims and scope of energy informatics journal, https://energyinformatics.springeropen.com, online;

The hype cycle, www.gartner.com, online; accessed 2020.

United Nations. Sustainable development goals [online].

Watson, R. T., Boudreau, M.-C., Chen, A. J. (2010). "Information systems and environmentally sustainable development: energy informatics and new directions for the is community", MIS quarterly, 23–38.

Welte, T. M., Foros, J., Nielsen, M., Adsten, M. (2018). "Monitorx–experience from a Norwegian Swedish research project on industry 4.0 and digitalization applied to fault detection and maintenance of hydropower plants", Hydro 2018-Progress through partnership, Gdansk, Poland, 15-17.

W. E. Council, (online; accessed 2020). "The role of ICT in energy efficiency management, house sector 2018", www.worldenergy.org.

Zhang, S., Zhang, N., Zhou, S., Gong, J., Niu, Z., Shen, X. (2016). "Energy-aware traffic offloading for green heterogeneous networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications 34 (5) 1116–1129.

Zhang, C., Wu, J., Zhou, Y., Cheng, M., Long, C. (2018). "Peer-to-peer energy trading in a microgrid", Applied Energy 220, 1–12.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]

Zhou, K., Yang, S. (2016). "Understanding household energy consumption behavior: The contribution of energy big data analytics", Renewable and Sustainable Energy Reviews 56, 810–819.
Zhou, S. Brown, M. A. (2017) "Smart meter deployment in europe: A comparative case study on the impacts of national policy schemes", Journal of Cleaner Production 144, 22–32.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-25]