Innovation Management Journal
Vol 14, No 2 (52), Summer 2025

https://www.nowavari.ir

The Role of Government in Regulating the Smart Transformation of Electric power industry in Iran

Fatemeh Kanani[*1], Parisa Rasoulian[2], Majid Rasooli Disfani[3]

Received: 11/06/2025 **PP: 171-204** **Accepted:** 18/10/2025

Abstract

Smart transformation of the Electric power industry, plays a crucial role in improving efficiency, enhancing sustainability,strengthening the security and management of production and consumption. This transformation, driven by the integration of technologies such as IOT, AI,and Big Data, has disrupted traditional structures and created a need for effective regulation aligned with emerging conditions.

This paper aims to investigate the government's role in the regulatory processes of the electricity sector.Using a qualitative approach and thematic analysis, data were collected through semi-structured interviews with eight experts during the summer 2024 and subsequently analyzed.

Based on the qualitative data and expert insights, three key requirements for effective regulation were identified: (1)the need to align regulatory approaches with different phases of the electricity value chain; (2)the necessity of adopting agile, participatory, and data-driven regulatory styles; and (3)the importance of considering local contexts, technological maturity, and the implementation capacity of electric power industry stakeholders.In the generation phase, proactive regulation combined with co-regulation between the government and technical institutions is recommended.In the transmission phase,data-driven regulation and the use of regulatory sandboxes are proposed to enable the gradual development of smart technologies.For the distribution phase, outcome-based and inter-agency integrated regulation are identified as suitable approaches.Finally, the study offers several policy recommendations to enhance the government's effective role in process of the regulation of the electric power industry.

Keywords: Smart transformation, electricity power Industry, Regulation,, Energy Policymaking.

Reference: Kanani, F., Rasoulian, P., & Rasooli Disfani, M. (2025). The Role of Government in Regulating the Smart Transformation of Electric power industry in Iran. ***Innovation Management Journal***, 14(2), 171-204.

Doi: https://doi.org/10.22034/imj.2025.529622.2918

1. Assistant Professor, Department of Innovation Policy and Foresight, Institute for Technology Studies, Tehran, Iran. Corresponding author. kanani@tsi.ir

2. PhD in Entrepreneurship, Institute of Technology Studies, Tehran, Iran. p.rasoulian@ut.ac.ir

3. Assistant Professor, Institute of Communication and Information Technology, Tehran, Iran. mrasoolid@gmail.com

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۲ (۵۲) / تابستان ۱۴۰۴
https://www.nowavari.ir

نوع مقاله: پژوهشی

نقش دولت در تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق کشور

فاطمه کنعانی*[۱]، پریسا رسولیان[۲]، مجید رسولی دیسفانی[۳]

دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۱ صص: ۲۰۴-۱۷۱ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۶

چکیده

هوشمندسازی صنعت برق، نقش مهمی در بهبود بهره‌وری، افزایش پایداری و ارتقاء امنیت و مدیریت تولید و مصرف ایفا می‌کند. این تحول که با ورود فناوری‌هایی نظیر اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و کلان‌داده همراه است، ساختارهای سنتی را دگرگون ساخته و نیازمند تنظیم‌گری مؤثر و متناسب با شرایط جدید است. پژوهش کنونی با هدف بررسی نحوه مداخله دولت در فرایند تنظیم‌گری صنعت برق در بستر هوشمندسازی، با رویکرد کیفی و با بهره‌گیری از روش تحلیل مضمون انجام شده است. داده‌ها از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با هشت نفر از خبرگان در تابستان ۱۴۰۳ گردآوری و تحلیل شد. بر اساس تحلیل داده‌های کیفی و نظرات خبرگان، سه نکته کلیدی به‌عنوان الزامات تنظیم‌گری مؤثر شناسایی شد: (۱) لزوم تطبیق نوع تنظیم‌گری با مراحل مختلف زنجیره ارزش برق (تولید، انتقال و توزیع)، (۲) ضرورت بهره‌گیری از سبک‌های تنظیم‌گری چابک، مشارکتی و مبتنی‌بر داده و (۳) اهمیت توجه به زمینه‌های بومی، بلوغ فناورانه و ظرفیت اجرایی بازیگران صنعت برق. در مرحله تولید، استفاده از تنظیم‌گری پیش‌نگر توأم با هم‌تنظیمی دولت و نهادهای فنی پیشنهاد شد. در بخش انتقال، تنظیم‌گری داده‌محور و استفاده از محیط‌های آزمایشی (سندباکس) برای توسعه تدریجی فناوری‌های هوشمند توصیه می‌شود. در مرحله توزیع نیز تنظیم‌گری مبتنی‌بر نتایج و یکپارچه بین‌نهادی، راه‌کار مناسبی به‌شُمار می‌آید. در پایان نیز پیشنهادهایی در راستای نقش‌آفرینی مؤثر دولت در فرایند تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق ارائه شد.

کلیدواژه‌ها: هوشمندسازی، صنعت برق، تنظیم‌گری، سیاست‌گذاری انرژی.

استناددهی(APA): کنعانی، فاطمه، رسولیان، پریسا، و رسولی دیسفانی، مجید (۱۴۰۴). نقش دولت در تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق کشور، ***نشریه علمی مدیریت نوآوری***، ۱۴(۲)، ۲۰۴-۱۷۱.
Doi: https://doi.org/10.22034/imj.2025.529622.2918

۱. استادیار، گروه سیاست نوآوری و آینده‌نگاری، پژوهشکده مطالعات فناوری، تهران، ایران. نویسنده مسئول. kanani@tsi.ir
۲. دکترای کارآفرینی، پژوهشکده مطالعات فناوری، تهران، ایران. p.rasoulian@ut.ac.ir
۳. استادیار، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران. mrasoolid@gmail.com

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۲ (۵۲) / تابستان ۱۴۰۴

مقدمه

جهان در آغاز یک انقلاب فناورانه جدید قرار دارد که بر پایه فناوری‌های صنعت ۴.۰[1] همچون هوش مصنوعی، رباتیک و اینترنت اشیا بنا شده است (سازمان ملل[2]، ۲۰۲۲). دیجیتالی‌سازی و هوشمندسازی فرایندها، نیاز امروز صنعت است (وایدیا[3] و همکاران، ۲۰۱۸ و عندلیب اردکانی و حسینی، ۱۴۰۳). اما گذار به صنعت ۴.۰، یکی از پیچیده‌ترین چالش‌های سیاست‌گذاری صنعتی است (النادی و عبدالله[4]، ۲۰۲۳ و اُ ای سی دی[5]، ۲۰۲۵). مدیریت و مهار این پیچیدگی، کارایی، سازگاری و پایداری صنعتی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (هررا-ویدال[6] و همکاران، ۲۰۲۵). یکی از ابعاد این پیچیدگی، چگونگی تنظیم‌گری است. تنظیم‌گری، یکی از پنج عامل راهبردی توانمندساز برای صنعت ۴.۰[7] است (سازمان جهانی تجارت و صنعت[8]، ۲۰۱۸) و نقش مهمی در تضمین کفایت نظام‌های حکمرانی برای مواجهه با شوک‌های آینده و همسوسازی توسعه و به‌کارگیری فناوری‌های دیجیتال با نتایج مثبت اجتماعی دارد (ا.ای.سی.دی، ۲۰۲۵؛ آی‌بی‌ام[9]، ۲۰۲۳). هرچند خود صنعت باید به پایداری اجتماعی متعهد باشد، اما در عمل، ممکن است واگذاری کامل این نقش به صنعت موجب تضعیف حفاظت از منافع عمومی شود (اُ.ای.سی.دی، ۲۰۲۵). بنابراین سازوکارهای حکمرانی قوی برای کاهش خطرهایی همچون نقض حریم خصوصی داده‌ها، تبعیض الگوریتمی و تشدید نابرابری‌های موجود ضروری‌اند (خان[10] و همکاران، ۲۰۲۵). در چنین شرایطی که جهان با سرعتی بیش‌ازپیش در حال حرکت است، در تنظیم‌گری به رویکردی چابک‌تر نیاز است (دولت

1. Industry 4.0
2. United Nations
3. Vaydia
4. Elnadi & Abdollah
5. OECD
6. Herrera-Vidal

۷. پنج عامل توانمندساز اصلی صنعت ۴.۰- که در ادبیات تحول دیجیتال و سیاست‌گذاری صنعتی گاه با واژه FIRST enablers (به‌معنای پنج نیروی کلیدی توانمندساز) از آنها یاد می‌شود و عبارت‌اند از: منابع مالی و سرمایه‌گذاری، زیرساخت، تنظیم‌گری، مهارت و نیروی انسانی، و در آخر فناوری.

8. Ministry of International Trade and Industry
9. IBM
10. Khan

انگلستان[1]، ۲۰۱۹). اما انطباق چارچوب‌های تنظیم‌گری با صنایع، مسئله‌ای اساسی است. اهمیت پرداختن به این مسئله، برای صنعت برق، با توجه به ماهیت زیرساختی‌اش و تأثیر چشمگیری که در تولید و صنایع دیگر دارد، بسیار حیاتی است. به گفته آژانس بین‌المللی، آینده صنعت برق به فناوری‌های صنعت ۴.۰ گره خورده و این فناوری‌ها ظرفیت دگرگون کردن آینده صنعت برق را نیز دارند (آژانس بین‌المللی انرژی[2]، ۲۰۲۵) اما یکی از الزامات تحقق این ظرفیت، تنظیم‌گری است (کابیی و الانروجو[3]، ۲۰۲۳). در این زمینه، با توجه به ماهیت و بلوغ صنعت و تنظیم‌گری به‌عنوان یکی از ابزارهای اصلی دولت‌ها برای اجرای سیاست‌های انرژی (ای‌بی‌اس‌سی‌اُ[4]، ۲۰۲۴) مداخله دولت در این مسئله چگونه باید باشد؟

یگانه و همکاران (۱۴۰۳) بر ضرورت تنظیم‌گری چابک در اقتصاد دیجیتال متناسب با بافتار ایران تأکید دارند. اما مطالعات داخلی اندکی در بحث هوشمندسازی صنعت برق در کشور ایران دیده می‌شود (ازجمله زنجیره و همکارارن، ۲۰۲۴؛ صفری و همکاران، ۱۴۰۳) که آن هم غالباً از منظر فنی بوده و به موضوعات تنظیم‌گیری پرداخته نشده است. با توجه به اینکه تنظیم‌گری در صنعت برق، به‌شدت به ساختار صنعت انرژی و بافتار و نوع حکمرانی کشور وابسته است (ای‌بی‌اس‌سی‌اُ[5]، ۲۰۲۴)، ضروری است با نگرش راهبردی و مدیریتی (باتینر و فردریکو[6]، ۲۰۲۳) و متناسب با بافتار کشور و جایگاه دولت در سیاستگذاری صنعت برق به موضوع پرداخته شود. با توجه به شکاف تحقیقاتی موجود به‌ویژه در بافتار ایران، پژوهش پیش‌رو با تمرکز بر نقش دولت در فرایند تنظیم‌گری صنعت برق ایران به‌منظور هوشمندسازی، تلاش می‌کند با تحلیل تجربه زیسته خبرگان، چارچوبی بومی و قابل‌اجرا برای مداخله سیاستی و تنظیم‌گری در این حوزه ارائه دهد.

1. GOV.UK
2. IEA
3. Kabeyi & Olanrewaju
4. EBSCO
5. EBSCO
6. Botnar &Frederico

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

پیشینه پژوهش

در زمینه تنظیم‌گری صنعت ۴.۰ (به صورت کلی یا با تمرکز بر یک یا چند فناوری ذیل آن) در سال‌های اخیر پژوهش‌ها و اقداماتی انجام شده است؛ ازجمله سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، یک چارچوب تحلیلی بر اساس استانداردها، اصول و تجارب کشورها در سیاست‌گذاری، مقرراتی تدوین کرده و آن را بر مقررات خاص ۱۴ گانه هوش مصنوعی در اقتصادهای عضو اُ.ای.سی.دی و گروه جی ۲۰ اعمال کرده است. نکات اساسی مرتبط با پژوهش کنونی، مستخرج از این گزارش عبارت‌اند از (اُ.ای.سی.دی، ۲۰۲۵):

۱- رویکردهای مقرراتی به سمت چارچوب‌های انعطاف‌پذیر مبتنی‌بر خطر، همگرا شده‌اند که ترکیبی از قواعد تجویزی برای «هوش مصنوعی با خطر بالا» و چارچوب‌های اصول‌محور، خودتنظیم‌گر و داوطلبانه برای سایر انواع سیستم‌های هوش مصنوعی خواهد بود.

۲- اجرای مقررات متکی بر یک زیست‌بوم نهادی شامل ترکیبی از بازیگران دولتی و خصوصی است که نشان‌دهنده گرایش به اصل خودتنظیم‌گری، ازجمله از طریق مدیریت خطر داخلی توسط فعالان حوزه هوش مصنوعی می‌باشد.

۳- مدیریت مقرراتی مطلوب بایستی شامل ارزیابی پسینی باشد و کارکرد و تأثیر عملی آنها ارزیابی شود.

مقاله ویسمَن[1] (۲۰۲۴) چارچوب‌های نوین رگولاتوری برای فناوری‌های پیچیده همچون هوش مصنوعی، با تأکید بر ارزیابی خطر و انطباق‌پذیری تنظیم‌گری، ارائه شده‌است. ویسمَن چهار الگوی اصلی تنظیم‌گری را بر پایه تحلیل خطر و مداخله‌پذیری دولت معرفی می‌کند: تنظیم‌گری مستقیم[2] که شامل قواعد الزام‌آور قانونی برای حوزه‌های با خطر بالا می‌شود؛ تنظیم‌گری

1. Weismann
2. Direct Regulation

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۲ (۵۲) / تابستان ۱۴۰۴

مشارکتی که در آن دولت، چارچوب‌گذار و بخش خصوصی مسئول اجراست؛ خودتنظیمی که صنعت به‌طور مستقل مسئول تدوین استانداردهاست و درنهایت، الگوی تلفیقی مبتنی‌بر خطر[1] که ترکیبی از تحلیل بخشی، اولویت‌بندی خطر و پاسخ تنظیم‌گرانه متناسب با شدت خطر را شامل می‌شود. این الگوها در کنار هم، یک بستر چندلایه و منعطف برای طراحی سیاست‌های تنظیم‌گری هوشمند در صنایع تحول‌پذیر مانند صنعت برق ارائه می‌دهند (ویسمن، ۲۰۲۴).

در ارتباط با صنعت انرژی و برق نیز می‌توان به چند مورد از پژوهش‌های مرتبط اشاره کرد که همگی در سه سال اخیر انجام و نتایج آنها منتشر شده است.

مقاله اوگبمی[2] و همکاران (۲۰۲۴)، با تمرکز بر دیجیتالی‌سازی در صنعت انرژی و به‌ویژه برق، نقش دولت‌ها را در فراهم‌سازی بسترهای سیاستی، تنظیم‌گری و زیرساختی برای توسعه هوشمندسازی بررسی می‌کند. در این مقاله عنوان شده است که دولت‌ها باید به‌عنوان هماهنگ‌کننده میان بخش خصوصی، فناوری و مقررات عمل کنند تا اهداف انرژی پاک و مقرون‌به‌صرفه محقق شود. همچنین پیشنهاد شده تنظیم‌گری به صورت مرحله‌ای و همراه با ارزیابی مستمر عملکرد پیاده‌سازی شود تا هم‌راستایی میان توسعه فناوری و حکمرانی حفظ شود.

ادبایو و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهش خود درباره سیاست‌های انرژی در آفریقای جنوبی، نشان داده‌اند که تنظیم‌گری مبتنی‌بر نتایج[3] در کنار سیاست‌های تشویقی دولت، نقش مؤثری در اجرای موفق برنامه‌های مدیریت تقاضای انرژی ایفا کرده است. در این الگو، دولت بیشتر به‌عنوان راهبردساز و هماهنگ‌کننده کلان عمل کرده است. مطالعه جانلاکارن[4] و همکاران (۲۰۲۴) به مقایسه تطبیقی سیاست‌های دولت‌های مالزی و تایلند در توسعه بازارهای

1. risk-based regulation
2. Awogbemi
3. Outcome-based Regulation
4. Junlakarn

انرژی همتابه‌همتا[1] در قالب شبکه‌های هوشمند پرداخته است. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که الگوی هم‌تنظیمی، یعنی مشارکت دولت در سیاست‌گذاری کلان و اجرای جزئیات توسط بخش خصوصی، می‌تواند بستر مناسبی برای بازارهای نوآورانه انرژی فراهم کند. رشوتووا و هارتلی[2] (۲۰۲۵) نیز در مطالعه‌ای درباره گذار شهری به انرژی هوشمند در جاکارتا، بر لزوم پاسخ‌گویی و شفافیت نهادی در حکمرانی تأکید کرده‌اند. آنها با ارائه الگویی چندبازیگره و یکپارچه از حکمرانی، مشارکت دولت در قالب تنظیم‌گری چابک را عامل کلیدی موفقیت در سیاست‌گذاری انرژی‌های نو می‌دانند. پژوهش الوکان و همکاران (۲۰۲۵) بر نقش سیاست‌گذاری دولت‌ها در ترویج بهره‌وری انرژی در بخش خانگی با استفاده از کنتورهای هوشمند و سیستم‌های مدیریت انرژی خانگی تأکید دارد. در این مقاله، تنظیم‌گری ترکیبی[3] به‌عنوان الگوی پیشنهادی معرفی شده که می‌تواند سیاست‌گذاری را با ابزارهای فناورانه و نظارتی ترکیب کند.

پژوهش‌هایی که در بافتار ایران به موضوع تنظیم‌گری در صنعت ۴.۰ و به‌ویژه در صنعت برق پرداخته باشند، بسیار اندک است. یگانه و همکاران (۱۴۰۳) با تأکید بر ضرورت تنظیم‌گری چابک در اقتصاد دیجیتال، به ارائه چارچوبی برای ایران در اقتصاد دیجیتال پرداخته‌اند. اما با نگاه صنعتی و تمرکز بر یک صنعت خاص نبوده است. در پژوهش زنجیره و همکاران (۲۰۲۴) نیز بر بازنگری و روزآمدسازی چارچوب‌های تنظیم‌گری سنتی در این مسیر، تأکید شده است. صفری و همکاران (۱۴۰۳) نیز در پژوهشی در پژوهشگاه نیرو به تدوین نقشه‌راه اجرایی هوشمندسازی شبکه توزیع با رویکردی مهندسی و نه مدیریتی- حاکمیتی پرداخته‌اند. در این مورد، گفتنی است که برخلاف عنوان گزارش، تنها به بخشی از زنجیره توزیع و آن هم از زاویه شبکه هوشمند برق (که تفاوت آن پیشتر با هوشمندسازی مطرح شد) پرداخته شده است. در پژوهش عبدی (۱۴۰۲) نیز با عنوان ایجاد سازوکار تنظیم مقررات بهینه‌سازی

1. P2P
2. Reshetova & Hartley
3. Hybrid Regulation

مصرف انرژی و استقرار شبکه هوشمند، چگونگی اجرای شبکه‌های هوشمند و الزامات قانونی آن مورد بررسی قرار گرفته است. حسن‌پور و خداکرمی (۱۴۰۳) در پژوهشی با عنوان «مروری بر هوشمندسازی شبکه توزیع برق» به صورت کلی به مزایای موضوع شبکه هوشمند برق پرداخته‌اند که مختص ایران هم نیست.

مرور پیشینه نظری، شکاف پژوهشی و ضرورت توجه به موضوع تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق را نشان می‌دهد. به‌ویژه در بافتار ایران با توجه به اینکه به واسطه ماهیت این صنعت و ساختار حکمرانی متفاوت آن نسبت به سایر کشورها، نیازمند انجام پژوهش است. در این پژوهش، از لنز نقش دولت در تنظیم‌گری به این موضوع پرداخته خواهد شد.

مبانی نظری

هوشمندسازی

از زمانی که برای اولین بار اصطلاح «صنعت ۴.۰» در سال ۲۰۱۱ مطرح شد، شُمار فزاینده‌ای از مقالات درباره این مفهوم منتشر شده‌اند (ماینـدل[1] و همکارانش، ۲۰۲۱). صنعت ۴.۰، مرحله بعدی دیجیتالی‌سازی بخش تولید است که با روندهای تحول‌آفرینی مانند رشد داده و اتصال، تحلیل داده‌ها، تعامل انسان و ماشین و بهبود در حوزه رباتیک هدایت می‌شود (مکنزی[2]، ۲۰۲۲). دو محور اصلی این صنعت، کارخانه هوشمند[3] و تولید هوشمند است؛ جایی که سیستم‌های سایبر- فیزیکی[4]، امکان ارتباط خودکار بین ماشین‌ها، محصولات و اپراتورهای انسانی را برای بهینه‌سازی فرایندهای تولید فراهم می‌کنند و شامل چهار بُعد اصلی است؛ تولید هوشمند، محصولات و خدمات هوشمند، زنجیره تأمین هوشمند و کار هوشمند (ماینـدل و همکارانش، ۲۰۲۱).

1. Mindel
2. Mckinsey
3. Smart Factory
4. CPSs

وقتی سخن از هوشمندسازی صنعت برق است، به‌معنای استفاده از این فناوری‌ها در کل زنجیره ارزش این صنعت، با هدف افزایش بهره‌وری، مدیریت بازار برق، کاهش تلفات، بهبود نگهداری و تعمیرات و موارد مشابه است.

مفهوم و انواع تنظیم‌گری

تنظیم‌گری به‌موقع و تدوین استانداردها برای فناوری‌های صنعت ۴.۰، نقشی حیاتی در تحقق این تحول دارند (دوسو[1]، ۲۰۲۰). از مفهوم تنظیم‌گری، تعاریف و برداشت‌های متنوعی ارائه شده است. یکی از دلایل این تنوع، تفاوت مسائل و زوایای مورد بررسی آنهاست (هداوند و جم، ۱۴۰۱). در این مقاله، منظور از تنظیم‌گری، مجموعه‌ای از قوانین، سیاست‌ها و سازوکارهایی است که توسط دولت یا نهادهای نظارتی برای هدایت، کنترل و بهینه‌سازی عملکرد یک صنعت خاص اعمال می‌شود (هاج[2] و همکاران، ۲۰۱۷) و چارچوب‌های اجرایی سیاست‌ها را عملیاتی می‌سازد (بامبرگر و ویزمن[3]، ۲۰۲۴ و مولیگن[4]، ۲۰۱۹). برخلاف سیاست‌گذاری که به تعیین «چه چیزی»، می‌پردازد، تنظیم‌گری پاسخ به «چگونه» است (ادبایو[5] و همکاران؛ ۲۰۲۴ و الوکان[6] و همکاران، ۲۰۲۵).

براساس رویکردهای مختلف، دسته‌بندی انواع تنظیم‌گری و چه‌بسا ابزارهای آن، متفاوت است. یکی از رویکردهای موجود، رویکرد «تنظیم‌گری چابک[7]» است که توسط مجمع جهانی اقتصاد، برای تنظیم‌گری در انقلاب صنعتی چهارم ارائه شده است (دبلیو.ای.اِف[8]، ۲۰۲۰). این رویکرد که مبنای این مقاله قرار گرفته، توسط مراجع مهم و معتبری نظیر سازمان همکاری‌های اقتصادی نیز تأیید شده است. این رویکرد، یکی از ستون‌های اصلی استدلال در چارچوب جدیدی است که این سازمان برای حکمرانی پیش‌بینانه فناوری‌های نوظهور ارائه کرده و به‌طور فعال نوآوری مسئولانه را در حوزه‌های مختلف

1. Dosso
2. Hodge
3. Bamberger& Weismann
4. Mulligan
5. Adebayo
6. Oluokun
7. Agile regulation
8. WEF

سیاست‌گذاری ترویج می‌کند و در آن تأکید شده که کسب نتایج فناورانه بهتر نیازمند راهبردهای آینده‌نگرانه، «چابک» و «مشارکتی» است (اُ.ای.سی.دی، ۲۰۲۴). در این رویکرد، تنظیم‌گری چابک شش نوع است: پیش‌بینانه[1]، مبتنی‌بر اهداف، مبتنی‌بر داده، آزمایشی[2]، خودتنظیمی[3] و هم‌تنظیمی[4] و یکپارچه[5].

در «تنظیم‌گری پیش‌بینانه»، تنظیم‌گر به جای واکنش صرف به پیامدهای رخ‌داده به صورت پیش‌دستانه تلاش می‌کند تا پیش از وقوع بحران‌ها یا چالش‌ها، روندهای فناورانه، صنعتی و اجتماعی را پیش‌بینی و مدیریت کند. «تنظیم‌گری مبتنی‌بر اهداف»، شیوه‌ای از تنظیم‌گری است که به جای تمرکز سخت‌گیرانه بر قواعد جزئی و فرایندها، بر نتایج نهایی مطلوب برای شهروندان، جامعه و محیط زیست تمرکز دارد. به این نوع تنظیم‌گری، رویکرد متمرکز بر نتایج یا نظارت مبتنی‌بر عملکرد نیز می‌گویند. «تنظیم‌گری آزمایشی»، رویکردی است که در آن دولت‌ها و نهادهای تنظیم‌گر، فضای کنترل‌شده و محدودی برای شرکت‌ها و نوآوران فراهم می‌کنند تا راه‌کارها، فناوری‌ها یا الگوهای جدید را بدون مواجهه با تمام الزامات قانونی و مقرراتی موجود، آزمایش و ارزیابی کنند. «خودتنظیمی» به اقدامات داوطلبانه‌ای گفته می‌شود که توسط افراد، سازمان‌ها و صنایع برای تعیین و اجرای استانداردها و رهنمودهای خودشان در مورد رفتار خود اتخاذ می‌شود. در خودتنظیمی، صنعت یا بخش خصوصی خود به طراحی، اجرا و نظارت بر قوانین و استانداردها، بدون مداخله رسمی نهادهای دولتی. می‌پردازد. این نوع رگولاتوری در بسترهایی با بلوغ نهادی بالا و اعتماد عمومی شکل می‌گیرد (قاصر و آلمیدا[6]، ۲۰۱۷ و فلوریدی[7] و همکاران، ۲۰۱۸). «هم‌تنظیمی» یا «تنظیم‌گری مشارکتی»، رویکردی همکارانه در تنظیم‌گری است که در آن

1. Anticipatory regulation
2. Experimental regulation
3. Self-Regulation
4. Co-Regulation
5. Integrated Regulation
6. Gasser & Almeida
7. Floridi

دولت یا نهادهای تنظیم‌گر، چارچوب‌ها، اصول و اهداف کلان را تعیین می‌کنند و بخش خصوصی یا انجمن‌های صنفی، مسئولیت تدوین جزئیات اجرایی، سازوکارهای پایبندی و نظارت عملیاتی را بر عهده می‌گیرند. این الگو، ترکیبی از نظارت دولتی و خودتنظیمی بخش خصوصی است و به‌ویژه در حوزه‌های مبتنی‌بر فناوری‌های پیچیده و در حال تحول مانند هوش مصنوعی و انرژی‌های نوین، کاربرد گسترده دارد. «تنظیم‌گری یکپارچه» نیز یکی دیگر از انواع تنظیم‌گری چابک است که به یک رویکرد هماهنگ و جامع برای مدیریت قوانین و مقررات در سطح کلان اشاره دارد. در این الگو، تلاش می‌شود تا تمام نهادها، قوانین و فرایندهای مرتبط با یک حوزه یا فناوری خاص، به صورت هماهنگ و همسو عمل کنند تا از تضادها، موازی‌کاری‌ها و نقاط ضعف قانونی جلوگیری شود (ینگ و لاگ[1]، ۲۰۱۹ و اُ.ای.سی.دی، ۲۰۲۱).

روش پژوهش

پژوهش کنونی از نظر هدف، توسعه‌ای-کاربردی و از حیث ماهیت و روش، توصیفی- اکتشافی است که بر پایه رویکرد کیفی انجام شده است. ابزار گردآوری داده‌ها، مطالعات کتابخانه‌ای و اسناد بالادستی و تجربه سایر کشورها و مصاحبه با خبرگان است. نظر به اینکه یکی از اهداف اصلی پژوهش، بسط نگرش راهبردی مدیران و سیاستگذاران کلان کشور به اهمیت هوشمندسازی صنایع و به‌ویژه ظرفیت صنعت برق برای هم‌پایی و همراستایی با صنعت چهارم و چگونگی نقش‌آفرینی دولت برای تنظیم‌گری است، مصاحبه با صاحب‌نظران این حوزه بسیار حائز اهمیت است. برای این منظور، با ۸ نفر خبره در تابستان ۱۴۰۳ مصاحبه شد.

روش انتخاب خبرگان، گلوله‌برفی و معیار خبرگی ایشان، برخورداری از دانش و تجربه حداقل ده ساله در حوزه منتخب است. با توجه به اینکه دستیابی به نتایج قابل‌اتکا و معتبر، نیازمند رویکرد چندوجهی و اخذ نظرات بازیگران مختلف است، با صاحب‌نظران صنعت برق که دانش یا حتی تجربه

1. Yeung & Lodge

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۲ (۵۲) / تابستان ۱۴۰۴

هوشمندسازی صنعت را در عرصه دانشگاه، سیاستگذاری و حکمرانی، بخش خصوصی و صنعت داشتند، مصاحبه شد. مصاحبه از نوع نیمه‌باز بود و پرسش‌های پیش‌فرض مصاحبه بر اساس چارچوب 5W1H[1] و بررسی پیشنیه نظری تنظیم‌گری تدوین شد. معیار خاتمه مصاحبه‌ها نیز دستیابی به اشباع نظری بوده است. اشباع نظری در پژوهش‌های کیفی، نقطه‌ای است که دیگر داده‌های جدیدی یافت نمی‌شود که پژوهشگر بتواند از طریق آن ویژگی‌های یک مقوله را توسعه دهد (گِست[2] و همکاران، ۲۰۰۶). ازاین‌رو از مصاحبه هفتم، مقوله جدیدی یافت نشد و برای اطمینان یک مصاحبه دیگر نیز ادامه یافت تا اطمینان از اشباع نظری حاصل شود[3]. جدول ۱، مشخصات خبرگان را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات مصاحبه‌شونده‌ها

ردیف	رشته یا تخصص	جایگاه خدمت	سابقه	صنعت
۱	فناوری اطلاعات و ارتباطات	سیاستگذاری	۲۰ سال	فناوری اطلاعات و ارتباطات
۲	فناوری اطلاعات و ارتباطات	سیاستگذاری	۲۰ سال	فناوری اطلاعات و ارتباطات
۳	فناوری اطلاعات و ارتباطات	سیاستگذاری	۲۰ سال	فناوری اطلاعات و ارتباطات
۴	برق الکترونیک	سیاستگذاری	۲۰ سال	برق
۵	فناوری اطلاعات و ارتباطات	صنعت	۱۵ سال	فناوری اطلاعات و ارتباطات
۶	برق الکترونیک	سیاستگذاری	۱۵ سال	برق
۷	مدیریت فناوری	دانشگاه	۲۰ سال	-
۸	هوش مصنوعی	صنعت	۱۰ سال	-

تحلیل داده‌ها با روش تحلیل مضمون و با ابزار شناسه‌گذاری انجام شد. تحلیل مضمون، روشی برای تحلیل داده‌های کیفی است و پژوهشگر داده‌ها را از نزدیک بررسی می‌کند تا مضمون‌های مشترک، موضوع‌ها، ایده‌ها و الگوهای معنایی تکرارشده را شناسایی کند (عابدی‌جعفری و همکاران، ۱۳۹۰). در این پژوهش فرایند تحلیل مضمون شش مرحله‌ای براون و کلارک متشکل از آشنایی با داده‌ها، ایجاد شناسه‌های اولیه، جست‌وجوی شناسه‌های گزینشی،

۱. یک رویکرد پرسشگری در حل مسئله است که به تمام عناصر اساسی در یک مسئله پاسخ می‌دهد که عبارت‌اند از: چه چیزی، چه کسی، چه زمانی، کجا، چرا و چگونه.

2. Guest

۳. در صورتی که انتخاب خبرگان به‌درستی انجام شده باشد، اشباع نظری حتی با تعداد ۴ نفر خبره هم می‌تواند حاصل شود.

شکل‌گیری مقوله‌های فرعی، تعریف و نام‌گذاری مضمون‌های اصلی، تهیه گزارش و ارائه شبکه مضمون‌ها (براون و کلارک[1]، ۲۰۰۶) برای تحلیل استفاده شد. گام‌های انجام پژوهش در شکل ۱ ارائه شده است.

شکل ۱. فرایند اجرای پژوهش

پس از هر مصاحبه، مصاحبه‌های ضبط‌شده، پیاده‌سازی و به صورت متن آماده، وارد مرحله تحلیل شد. هر مصاحبه تحلیل و بر اساس خروجی‌های آن برای مصاحبه‌های بعدی برنامه‌ریزی شد. در فرایند اجرای تحلیل، شناسه‌های اولیه چندین مرحله تحلیل و بازبینی شد تا درنهایت دسته‌بندی مناسبی از چالش‌ها حاصل شود. در مرحله اول با بررسی گزاره‌های کلامی، تعداد ۹۲ شناسه اولیه شناسایی شد که در گام بعد با دسته‌بندی مفاهیم دارای محتوای مشترک، تعداد ۳۶ مقوله فرعی ارائه شد. در گام بعد با یکی‌کردن مقوله‌های مشابه، تعداد ۸ مقوله اصلی به‌دست آمد که ابعاد اصلی تنظیم‌گری هوشمندسازی برق در ایران را نشان می‌دهد. در مرحله دوم پژوهش، با چیدمان مقوله‌ها در قالب زنجیره ۳ مرحله‌ای صنعت برق (تولید، انتقال و توزیع)، با استفاده از نظرات خبرگان پژوهش، چارچوب مفهومی نظام‌مند برای چگونگی مداخله دولت در فرایند تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق ارائه شد.

1. Broun & clarke

در جدول ۲ نمونه‌ای از مفاهیم شناسایی‌شده از گزاره‌های کلامی در قالب مقوله‌های فرعی نشان داده شده است. در مرحله دوم شناسه‌گذاری به‌منظور شناسایی ابزارهای تنظیم‌گری، دسته‌بندی مقوله‌های فرعی و رسیدن به مقوله‌های اصلی انجام شد.

جدول ۲. نمونه شناسه‌گذاری اولیه (مقوله‌های فرعی)

مقوله فرعی	شناسه اولیه	گزاره کلامی
زیرساخت	تأمین پردازنده‌های قوی	به نظر من همه بخش‌های کشور اعم از دولتی، نظامی، حاکمیتی و حتی خصوصی، اصل تلاش خود را در بومی‌سازی فناوری پردازنده باید قرار دهند. نقطه اصلی استقلال و پیشرفت در پردازنده است (مصاحبه‌شونده ۶)
نهادینه‌سازی هدف ارتقای بهره‌وری	افزایش بهره‌وری، یکی از مهمترین دستاوردهای نهایی هوشمندسازی صنعت برق	افزایش بهره‌وری، یکی از مهمترین دستاوردهای نهایی هوشمندسازی در صنایع است و به‌عنوان کلیدواژه‌ای است که برای هر دو سوی عرضه و تقاضا، جذابیت دارد و می‌تواند محور گفت‌وگو برای همراهی بازیگران قرار گیرد (مصاحبه‌شونده ۴)

سپس برای بررسی اعتبار پژوهش کیفی کنونی، از چهار معیار اعتباربخشی پیشنهادی گوبا و لینکلن[1] (۱۹۸۵) قابلیت اعتماد[2]، انتقال‌پذیری[3]، قابلیت تأیید[4] و پایایی[5] استفاده شد. برای بررسی میزان اعتمادپذیری از بررسی مشارکت‌کننده[6] استفاده شد، به‌گونه‌ای‌که بخش‌هایی از یافته‌ها و تفسیرها در اختیار برخی از مشارکت‌کنندگان قرار گرفت و نظراتشان دریافت شد. برای تحقق انتقال‌پذیری از طریق توصیف غنی زمینه‌ای[7]، اطلاعات دقیق و زمینه‌محور درباره بافت صنعت برق، نقش دولت و مراحل هوشمندسازی ارائه شد تا خوانندگان بتوانند امکان تعمیم به بافت‌های مشابه را ارزیابی کنند. قابلیت تأیید با استفاده از مستندسازی کامل مراحل تحلیل و تصمیمات پژوهشی، امکان پیگیری و ممیزی فرایند تحلیل توسط پژوهشگران دیگر فراهم شد. درنهایت برای تحقق پایایی با معنای ثبات و تکرارپذیری یافته‌ها در شرایط

1. Guba & Lincoln
2. Credibility
3. Transferability
4. Confirmability
5. Dependability
6. member check
7. thick description

مشابه از طریق بازبینی همتا[1] و بررسی فرایندهای تحقیق توسط پژوهشگران مستقل، تلاش شد تا انسجام و منطق مراحل تحقیق حفظ شود.

یافته‌های پژوهش

یافته‌های این پژوهش در دو مرحله سازماندهی شدند؛ در مرحله اول محتوای مصاحبه‌ها شناسه‌گذاری و تلاش شد تمامی مفاهیم آنها مقوله‌بندی شود. در مرحله دوم به‌منظور ارائه چارچوبی نظام‌مند برای چگونگی مداخله دولت در فرایند تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق، چارچوبی مفهومی ارائه شد.

یافته‌های مرحله اول: شبکه مضامین مستخرج از تحلیل مصاحبه‌ها

فرایند تحلیل مصاحبه‌ها نشان داد که هوشمندسازی صنعت برق در ایران نیازمند دو مقوله اصلی است: ۱. الزامات هوشمندسازی و ۲. مداخله دولت در تنظیم‌گری که جزئیات آنها در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

جدول ۳: یافته‌های فرایند شناسه‌گذاری مصاحبه‌های پژوهش

مقوله اصلی	مقوله فرعی	شناسه‌های اولیه
الزامات هوشمندسازی	داده	گردآوری داده تمیز و استاندارد
		حل تعارضات مالکیت داده با ایجاد دستورالعمل و مقررات
		نگهداری داده
		انتقال داده
		تحلیل داده
		حریم خصوصی
	زیرساخت	شبکه اختصاصی 5G
		شبکه ملی
		تأمین پردازنده‌های قوی
		استفاده استیجاری و مشترک از پردازنده‌های موجود در کشور
	بینش و فرهنگ	باور مدیران
		عزم مدیران برای هوشمندسازی
		فرهنگ همه سطوح سازمان برای پذیرش هوشمندسازی
		نیاز به برنامه‌ریزی، گذر زمان و آموزش
		آگاهی از مزایای هوش مصنوعی در هر صنعت

1. peer debriefing

مقوله اصلی	مقوله فرعی	شناسه‌های اولیه
مداخله دولت در تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق	ضرورت تنظیم‌گری	تنظیم‌گری به‌معنای به رسمیت شناختن حوزه نوآور
		مداخله دولت در شرایط کنونی بلوغ صنایع منتخب، ضروری است.
	ویژگی‌های تنظیم‌گر	اپراتور هوشمندسازی باید از خود جامعه صنعت باشد، بنابراین نظارت دولت ضروری است.
		ضرورت استفاده از رویکرد چابک تنظیم‌گری به جای رویکردهای سنتی
	نوع تنظیم‌گری	مناسب‌تر بودن رویکردهای مشارکتی‌تر ازجمله هم‌تنظیمی (مشارکت بازیگران سمت صنعت و ارائه‌دهندگان خدمات فنی هوشمندسازی) در میان رویکردهای تنظیم‌گری چابک
		استفاده از رویکرد تنظیم‌گری آزمایشی (سندباکس رگولاتوری)
		ضرورت تنظیم‌گری تعاملی در کسب‌وکارهای جدید
		شناسایی نیازها با کمک کسب‌وکارها
		بررسی مستمر اثرات قوانین و حلقه‌های بازخورد و بازطراحی قوانین
		نیاز به الگوی مداخله بومی متناسب
		شناسایی موقعیت‌های نیاز به مداخله در زنجیره ارزش صنایع
	هدف (ارتقای بهره‌وری)	افزایش بهره‌وری، یکی از مهمترین دستاوردهای نهایی هوشمندسازی صنعت برق
		محور گفت‌وگو بودن بهره‌وری برای هر دو سوی عرضه و تقاضا و همه بازیگران
		کاهش هزینه‌های تولید برق
	عوامل مؤثر در زمان و نوع تنظیم‌گری	نوع صنعت
		میزان بلوغ صنعت
		زنجیره ارزش صنعت
	ابزارهای تنظیم‌گری	تدوین و نظارت بر استانداردها (در سطوح پایین‌تر)
		نیاز به نظارت مستمر دولت در زمینه استانداردسازی مونیتورینگ و مدیریت شبکه
		ارائه بسترهای امن، مانند خدمات 4G اختصاصی توسط اپراتورها
		حمایت‌های تشویقی به‌ویژه برای سمت مصرف‌کننده نهایی

همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، الزامات و پیش‌نیازهای اساسی هوشمندسازی که صاحب‌نظران بر آن اجماع داشتند، شامل سه محور اصلی است: داده، زیرساخت و فرهنگ/ بینش.

۱. در حوزه داده، گردآوری، انتقال و تحلیل داده‌ها، همراه با ملاحظات مربوط به مالکیت داده، حریم خصوصی و امنیت، یکی از دغدغه‌های

محوری خبرگان بود. به گفته برخی مصاحبه‌شوندگان (مصاحبه ۴ و ۶)، هرچند در بخش تولید، داده‌هایی توسط نیروگاه‌ها جمع‌آوری می‌شود، اما به دلیل نبود دسترسی نظام‌مند دولت به این داده‌ها، بهره‌برداری سیاستی و تنظیمی از آنها دشوار است. در مقابل، داده‌های بخش مصرف با استقرار کنتورهای هوشمند در صنایع، امکان تحلیل دقیق‌تری یافته است (مصاحبه ۶).

۲. در بُعد زیرساخت، موضوعاتی همچون شبکه ملی و اختصاصی، ظرفیت پردازنده‌های قوی و استفاده از مراکز داده مشترک مورد تأکید قرار گرفت (مصاحبه ۷ و ۸). ضعف زیرساخت انتقال داده به‌ویژه در زمینه امنیت و محرمانگی، یکی از چالش‌های کلیدی است (مصاحبه ۵، ۶ و ۸).

۳. در زمینه فرهنگ و بینش، فرهنگ‌سازی و باور مدیران نسبت به ضرورت هوشمندسازی، آگاهی‌بخشی به مزایای هوش مصنوعی و تربیت نیروی انسانی متخصص، از ملزومات غیرفنی این فرایند ارزیابی شد (مصاحبه ۲، ۳، ۴ و ۷).

براساس اجماع نظرات خبرگان و مطالعات، می‌توان دریافت که هوشمندسازی صنعت برق و تنظیم‌گری آن، نیازمند بسترسازی و فراهم کردن این پیش‌زمینه‌هاست که بدون آنها، اساساً هوشمندسازی معنادار نخواهد بود.

در مقوله دوم یعنی مداخله دولت در تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق، چند موضوع اساسی شناسایی شد:

۱. ضرورت تنظیم‌گری: بسیاری از خبرگان تأکید داشتند که بدون ورود دولت و به‌رسمیت‌شناختن این حوزه، نوآوری‌ها همواره در معرض تهدید توقف هستند (مصاحبه ۳ و ۷). این به‌معنای آن است که تنظیم‌گری خود نوعی سیگنال‌دهی از سوی دولت به بازیگران صنعت به‌شُمار می‌رود (مصاحبه ۷). یکی از سیگنال‌های دولت در بحث‌های نوآوری، به‌رسمیت‌شناختن حوزه نوآور و ایجاد فضا برای فعالیت بازیگران آن است. به گفته برخی از خبرگان (مصاحبه ۲، ۳ و ۷)، تا زمانی که دولت

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۲ (۵۲) / تابستان ۱۴۰۴

اقدام به تنظیم‌گری در موضوعی نکند و سکوت کند، به‌معنای به‌رسمیت‌نشناختن آن حوزه است. این می‌تواند بدان معنا باشد که دولت می‌تواند در هر زمان دلخواهی، فعالیت‌های نوآورانه مربوط و کسب‌وکارهایش را تعطیل کند (مصاحبه ۷). ازاین‌رو برای توسعه هوشمندسازی در صنایع، مداخله دولت و تنظیم‌گری، امری موردنیاز برای توسعه زیست‌بوم است (مصاحبه ۳ و ۷). اما چگونگی مداخله مناسب، نکته پیچیده و مورد تأملی است که باید از ابعاد مختلف و بر اساس تجارب صاحب‌نظران نسبت به آن، الگو ارائه شود.

۲. ویژگی‌های تنظیم‌گر: خبرگان (۲، ۳، ۴، ۵ و ۷) تأکید داشتند که اپراتورهای هوشمندسازی نمی‌توانند خودنظارتی کامل داشته باشند، بنابراین وجود دولت به‌عنوان ناظر مستقل ضروری است. افزون‌بر این، چابکی و تطبیق‌پذیری در تنظیم‌گری برای مواجهه با فناوری‌های نوین، حیاتی تلقی شد (مصاحبه ۵).

۳. نوع تنظیم‌گری: مصاحبه‌شوندگان بر استفاده از الگوهای نوین تنظیم‌گری مانند تنظیم‌گری چابک، هم‌تنظیمی و آزمایشی (سندباکس) تأکید داشتند (مصاحبه ۴، ۶ و ۸). شناسایی نیازها با کمک کسب‌وکارها، بررسی مستمر اثرات قوانین و حلقه‌های بازخورد و بازطراحی قوانین، نیاز به الگوی مداخله بومی متناسب، شناسایی موقعیت‌های نیاز به مداخله در زنجیره ارزش صنایع ازجمله الزامات مورد تأکید خبرگان پژوهش در انتخاب نوع رویکرد تنظیم‌گری است.

۴. هدف (ارتقای بهره‌وری): از منظر مصاحبه‌شوندگان، افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها باید به‌عنوان هدف نهایی تنظیم‌گری مدنظر قرار گیرد. این هدف از طریق شناسایی نقاط کلیدی زنجیره صنعت و طراحی سیاست‌های متناسب حاصل می‌شود (مصاحبه ۴ و ۷).

۵. عوامل مؤثر در زمان و نوع تنظیم‌گری: بلوغ صنعت، نوع صنعت و ساختار زنجیره ارزش، مهم‌ترین متغیرهایی بودند که به باور خبرگان

باید در انتخاب نوع و شدت تنظیم‌گری مدنظر قرار گیرند (مصاحبه ۳ و ۵).

صنعت برق کشور، دارای زنجیره ارزش سه مرحله‌ای است: تولید، انتقال و توزیع (مهرجو و همکاران، ۱۳۹۹). در مورد مداخله دولت در این زنجیره، در بحث تولید، دولت هیچ مداخله‌ای در امور داخلی نیروگاه‌ها ندارد و فقط برق تولیدی را در نقطه اتمام تحویل می‌گیرد. سپس برق را در سیستم انتقال مدیریت کرده و در نقطه توزیع (خانگی، تجاری، صنعتی و کشاورزی) تحویل می‌دهد. بر اساس نتایج مصاحبه‌ها، در حلقه اول دولت می‌تواند با اعطای مشوق‌هایی این نقاط را تحریک کند. در مورد بخش‌هایی از زنجیره که در محدوده اختیارات دولت است، مهم‌ترین نقطه، نقطه گردآوری داده یا همان حلقه توزیع است که با نصب شمارشگرهای هوشمند در همه بخش‌های صنعتی، موفقیت خوبی کسب نموده است و توانسته رصد خوبی بر چگونگی مصرف این بخش داشته باشد. ادامه نصب شمارشگرهای هوشمند برای سایر مصرف‌کنندگان، گام بعدی هوشمندسازی صنعت برق در سمت مصرف می‌تواند باشد (مصاحبه ۶). البته همان‌طور که پیش از این اشاره شد، هوشمندسازی فراتر از شبکه هوشمند است (مصاحبه ۴ و ۶).

۶. ابزارهای تنظیم‌گری: درنهایت، مجموعه‌ای از ابزارها ازقبیل تعیین استانداردهای فنی (مصاحبه ۴ و ۶)، نیاز به نظارت مستمر دولت در زمینه استانداردسازی مونیتورینگ و مدیریت شبکه (مصاحبه ۶، ۸)، مشوق‌های مالی و یارانه‌ها (مصاحبه ۱، ۳، ۴ و ۶) در هر دو بخش صنعت و مصرف‌کنندگان و نظارت بر کیفیت خدمات (مصاحبه ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸) به‌عنوان ابزارهای اصلی ایفای نقش دولت در تنظیم‌گری شناخته شدند. تأمین بسترهای امن برای تبادل داده و اطلاعات مانند خدمات اینترنت نسل چهار[1] اختصاصی توسط اپراتورها، دیگر ابزار دولت برای توسعه هوشمندسازی است.

1. 4G

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۲ (۵۲) / تابستان ۱۴۰۴

یافته‌های مرحله دوم: چارچوب پیشنهادی چگونگی تنظیم‌گری دولت در هوشمندسازی صنعت برق ایران

در مرحله دوم بر اساس مقوله‌های به‌دست‌آمده در مرحله پیش و با استفاده از پیشینه نظری مطالعه‌شده، تلاش شد چارچوبی پیشنهادی براساس مقوله‌های مستخرج ارائه شود. در چارچوب پیشنهادی، نقش دولت در هر یک از سه مرحله اصلی- تولید، انتقال و توزیع- و متناسب با ویژگی‌های فناورانه و حساسیت‌های ساختاری طراحی شد که به آن اشاره می‌شود.

۱. مرحله تولید[1]:

در این مرحله که شامل بهینه‌سازی عملکرد نیروگاه‌ها، نگهداری پیش‌بینانه و ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر است، در ایران، دولت عمدتاً از طریق نهادهایی مانند وزارت نیرو و پژوهشگاه نیرو، نقشی فعال و متمرکز در برنامه‌ریزی کلان، سرمایه‌گذاری فناورانه و شکل‌دهی به مشارکت‌های عمومی-خصوصی ایفا می‌کند. بنابراین تنظیم‌گری پیشنهادی در این مرحله عبارتست از:

۱-۱. **تنظیم‌گری پیش‌نگر** برای پیش‌بینی پیامدهای فناوری بر امنیت انرژی و محیط زیست و شکل‌دهی زودهنگام بازار.

۱-۲. **هم‌تنظیمی** برای بهره‌گیری از دانش فنی نهادهایی چون توانیر، مپنا، پژوهشگاه‌های مرتبط در کنار نظارت دولتی. در این نوع می‌توان بر اساس تجربه‌های مختلف در تدوین اسناد ملی، از میزهای علمی و تخصصی و ابزارهای شورایی با تأکید بر حضور خبرگانی از ابعاد سه‌گانه مارپیچ صنعت، دولت و دانشگاه بهره گرفت.

۲. مرحله انتقال:

کاربردهای هوش مصنوعی در این بخش شامل پیش‌بینی بار، تعادل لحظه‌ای شبکه و تشخیص خطاهای فنی است. دولت از طریق شرکت توانیر و مراکز کنترل منطقه‌ای، مسئول بهره‌برداری و نظارت بر زیرساخت‌های حیاتی

1. Generation Phase

انتقال برق است و توجه بالایی به پایداری شبکه، قابلیت اطمینان و تاب‌آوری سایبری دارد. بنابراین سبک‌های تنظیم‌گری مناسب در این مرحله عبارت‌اند از:

۲-۱. **تنظیم‌گری داده‌محور** که امکان پایش پیوسته عملکرد بر اساس داده‌های لحظه‌ای از حسگرها، سامانه‌های اسکادا و تله‌متری را فراهم می‌آورد.

۲-۲. **تنظیم‌گری آزمایشی** نظیر الگوهای سندباکس[1]، که به شرکت‌هایی مانند توانیر اجازه می‌دهد ابزارهای مبتنی‌بر هوش مصنوعی مانند الگوهای پیش‌بینی خطا را بدون ایجاد خطر برای شبکه، در سطح آزمایشی (پایلوت) اجرا کنند. این رویکرد با سیاست‌های نوین ایران برای حمایت از سکوهای آزمایشی هوش مصنوعی و پروژه‌های زیرساختی بحرانی کاملاً هم‌راستاست.

۳. **مرحله توزیع:**

در این مرحله، هوش مصنوعی در زمینه‌هایی مانند شمارشگرهای هوشمند، قیمت‌گذاری پویا، پیش‌بینی قطعی‌ها و تحلیل رفتار مصرف‌کننده به‌کار می‌رود. دولت در این بخش، نقشی ترکیبی دارد؛ هم به‌عنوان تنظیم‌گر و هم تضمین‌کننده ارائه خدمات عمومی از طریق شرکت‌های توزیع و وزارت نیرو. همچنین، دولت با چالش نوسازی خدمات، کاهش تلفات و هم‌زمان حفاظت از اقشار آسیب‌پذیر مواجه است. تنظیم‌گری مناسب در این مرحله شامل موارد ذیل است:

۳-۱. **تنظیم‌گری مبتنی‌بر نتایج** که تضمین می‌کند فناوری‌های هوشمند، استانداردهای مربوط به عدالت، عملکرد و دسترسی را رعایت کنند.

۳-۲. **تنظیم‌گری یکپارچه** که همکاری میان نهادهای انرژی، سازمان‌های حقوق مصرف‌کننده، نهادهای حفاظت از داده و شهرداری‌ها را تسهیل می‌کند. پروژه‌هایی مانند «فهام» و سیاست‌های ارتقاء عدالت

1. Sandbox

در دسترسی به انرژی الکتریکی در ایران، با این الگوی حکمرانی هم‌راستا هستند.

در جدول ۴، چارچوب پیشنهادی برای هر یک از مراحل سه‌گانه اصلی ارائه شده است.

جدول ۴. چارچوب تنظیم‌گری پیشنهادی برای هوشمندسازی صنعت برق ایران

مرحله	مصداق هوشمندسازی	نقش دولت	سیستم تنظیم‌گری پیشنهادی	توضیح و استدلال علمی
تولید	بهینه‌سازی عملکرد نیروگاه، نگهداری پیش‌بینانه و ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر	سیاست‌گذاری متمرکز از طریق نهادهایی مانند وزارت نیرو و پژوهشگاه نیرو، سرمایه‌گذاری فناورانه و مشارکت‌های دولتی-خصوصی	تنظیم‌گری پیش‌نگر، هم‌تنظیمی	هوش مصنوعی در تولید برق بر امنیت انرژی و محیط زیست ملی تأثیر می‌گذارد؛ تنظیم‌گری پیش‌نگر به هدایت به‌موقع بازار کمک می‌کند. هم‌تنظیمی، امکان ورود متخصصان فنی مانند توانیر و مپنا را در کنار نظارت دولتی فراهم می‌سازد.
انتقال	پیش‌بینی بار، تعادل شبکه، شناسایی خطاها	بهره‌بردار و ناظر زیرساخت حیات شبکه از طریق توانیر و مراکز کنترل منطقه‌ای	تنظیم‌گری داده‌محور، تنظیم‌گری آزمایشی	انتقال برق جزو بخش‌های کلیدی است. داده‌محوری امکان پایش و اصلاح عملکرد لحظه‌ای از طریق تله‌متری و حسگرهای هوشمند را فراهم می‌کند. استفاده از محیط‌های آزمایشی تنظیم‌گری، امکان اجرای آزمایش‌های کم‌خطر را فراهم می‌کند.
توزیع	شمارشگرهای هوشمند، قیمت‌گذاری پویا، پیش‌بینی قطعی‌ها و تحلیل رفتار مصرف‌کننده	نقش ترکیبی دولت به‌عنوان تنظیم‌گر و ضامن خدمات از طریق شرکت‌های توزیع و وزارت نیرو، شار برای نوسازی خدمات و کاهش	تنظیم‌گری مبتنی‌بر نتایج و تنظیم‌گری یکپارچه بین نهادی	هوش مصنوعی در سطح مصرف‌کننده با موضوعاتی مانند شفافیت، عدالت و حریم خصوصی درگیر است؛ تمرکز بر نتایج، تضمین می‌کند که استانداردهای عملکردی رعایت شوند. تنظیم‌گری یکپارچه، همکاری میان نهادهای انرژی، حفاظت داده و

مرحله	مصداق هوشمندسازی	نقش دولت	سیستم تنظیم‌گری پیشنهادی	توضیح و استدلال علمی
		هدررفت در شبکه، در عین حمایت از اقشار آسیب‌پذیر		سایرین را تسهیل می‌کند. برنامه‌هایی مانند «فهام[1]» و سیاست‌های دسترسی عادلانه به انرژی با این رویکرد سازگار هستند.

بحث

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تنظیم‌گری صنعت برق در فرایند هوشمندسازی، نه‌تنها یک اقدام حقوقی یا فنی، بلکه یک ضرورت راهبردی برای ایجاد تعادل میان نوآوری فناورانه، منافع عمومی و الزامات امنیتی کشور است.

بر اساس تحلیل داده‌های کیفی و نظرات خبرگان، سه نکته کلیدی به‌عنوان الزامات تنظیم‌گری مؤثر شناسایی شد: (۱) لزوم تطبیق نوع تنظیم‌گری با مراحل مختلف زنجیره ارزش برق (تولید، انتقال و توزیع)، (۲) ضرورت بهره‌گیری از سبک‌های تنظیم‌گری چابک، مشارکتی و مبتنی‌بر داده و (۳) اهمیت توجه به زمینه‌های بومی، بلوغ فناورانه و ظرفیت اجرایی بازیگران صنعت برق.

در مرحله تولید، با توجه به خطرهای محیط‌زیستی و وابستگی راهبردی به انرژی، استفاده از تنظیم‌گری پیش‌نگر توأم با هم‌تنظیمی دولت و نهادهای فنی پیشنهاد شد. در بخش انتقال، با توجه به حساسیت زیرساختی شبکه، تنظیم‌گری داده‌محور و استفاده از محیط‌های آزمایشی (سندباکس) برای توسعه تدریجی فناوری‌های هوشمند توصیه می‌شود. در مرحله توزیع نیز، که با حقوق مصرف‌کننده و عدالت اجتماعی گره خورده، تنظیم‌گری مبتنی‌بر نتایج و یکپارچهٔ بین‌نهادی، راه‌کارهای مناسبی به‌شُمار می‌آیند.

۱. فراسامانه هوشمند اندازه‌گیری و مدیریت انرژی

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۲ (۵۲) / تابستان ۱۴۰۴

همچنین یافته‌ها حاکی از آن است که در ایران، شکاف‌هایی در زیرساخت‌های داده‌ای، فرهنگ سازمانی و دسترسی به فناوری‌های پیشرفته وجود دارد که پیش‌نیاز تحقق هوشمندسازی و تنظیم‌گری مؤثر هستند. داده‌های غیراستاندارد، تضاد در مالکیت داده‌ها و محدودیت پردازنده‌های بومی از چالش‌های مطرح‌شده توسط خبرگان بود. بر این اساس، راه‌کارهایی نظیر استفاده استیجاری از ظرفیت‌های موجود (مانند اجاره پردازنده و سایر تجهیزات)، استانداردسازی داده‌های صنعت برق و حکمرانی داده پیشنهاد شده است. درنهایت، پژوهش کنونی با ارائه یک چارچوب تنظیم‌گری تلفیقی، متناسب با شرایط ایران، زمینه مناسبی برای طراحی سیاست‌های حمایتی، قوانین و نهادهای تنظیم‌گر فراهم می‌کند. این چارچوب می‌تواند برای مداخله در فرایندهای فناورانه آینده در حوزه انرژی، به کمک سیاستگذاران بیاید.

نتایج این پژوهش با پیشینه نظری و الگوهای بین‌المللی موجود، تطابق مفهومی و تمایز کاربردی دارد. مطالعاتی مانند قاصر و آلمیدا (۲۰۱۷) و فلوریدی و همکاران (۲۰۱۸) بر ضرورت تنظیم‌گری چندلایه و مبتنی‌بر مسئولیت مشترک در فناوری‌های پیچیده تأکید دارند که یافته‌های این پژوهش نیز با آن همسوست، به‌ویژه در توصیه به هم‌تنظیمی در مرحله تولید برق. همچنین بر دیدگاه تفکیکی در مراحل سه‌گانه تولید، توزیع و انتقال برق و تفاوت رویکردهای تنظیم‌گری بر اساس معیارهای مختلف در این مراحل تأکید دارد. در الگوی پیشنهادی اتحادیه اروپا (۲۰۲۱) و تحلیل ویسمن (۲۰۲۴)، تنظیم‌گری مبتنی‌بر سطح خطر، چارچوب اصلی برای مواجهه با فناوری‌های نوظهور شناخته شده که در این پژوهش نیز عامل خطر با تفکیک سبک‌های تنظیم‌گری در سه مرحله صنعت برق، به‌وضوح مشاهده می‌شود. همچنین پژوهش کنونی با الگوی «تنظیم‌گری یکپارچه» مطرح‌شده توسط ینگ و لاگ (۲۰۱۹) همخوانی دارند، به‌ویژه از نظر تأکید بر مشارکت ذی‌نفعان مختلف به‌منظور جلب همراهی آنان و جلوگیری از موازی‌کاری‌های نهادی و همچنین تأکید بر پیوستگی نظارت و روزآمدسازی تطبیقی. در پژوهش‌های متمرکز بر ایران مانند زنجیره و همکاران (۲۰۲۴)، بیشتر تمرکز بر زیرساخت‌ها و موانع

فنی بوده و نقش تنظیم‌گری دولت اغلب به سیاست‌گذاری کلان محدود شده است؛ پژوهش صفری و همکاران (۱۴۰۳) نیز با رویکردی مهندسی و نه مدیریتی به بخشی از زنجیره توزیع از زاویه شبکه هوشمند برق پرداخته است. عبدی (۱۴۰۲) نیز به چگونگی اجرای فنی شبکه‌های هوشمند و الزامات قانونی آن توجه دارد. حسن‌پور و خداکرمی (۱۴۰۳) نیز به ارائه مزایای تنظیم‌گری چابک توجه دارد و در چگونگی ورود نکرده است. درحالی‌که پژوهش کنونی گامی فراتر نهاده و با تمرکز بر ساختار تنظیم‌گری، نقش دولت را نه‌فقط به‌عنوان سیاست‌گذار کلان، بلکه به‌عنوان ناظر فناورانه، چارچوب‌گذار و تسهیل‌گر مشارکت بازیگران غیردولتی تحلیل کرده است. چنین رویکردی در آثار اخیر مانند مطالعه اوگبمی و همکاران (۲۰۲۴) نیز مورد تأکید قرار گرفته است که دولت‌ها باید در قالب نهاد میان‌بخشی، حلقه واسط میان بخش خصوصی، فناوری و مقررات باشند.

مهم‌ترین نوآوری پژوهش کنونی، تعیین نقش دولت در تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق با ترکیب دو سنخ‌شناسی تنظیم‌گری، یعنی مبتنی‌بر سطح مداخله (مستقیم، هم‌تنظیمی و ...) یک چارچوب تحلیلی عملیاتی است که پیش‌تر عمدتاً به صورت منفصل در متون نظری (اُای.سی.دی، ۲۰۲۱ و مالیگان و بامبرگر، ۲۰۱۹) بررسی شده‌اند. افزون‌بر این، پژوهش با بومی‌سازی این الگوها در بستر ایران، نه‌تنها شکاف نظری میان نظریه‌های تنظیم‌گری و ساختار نهادی کشورهای درحال‌توسعه را پوشش می‌دهد، بلکه الگویی تعمیم‌پذیر برای سایر بخش‌های حیاتی با فناوری پیشرفته نیز فراهم می‌کند.

نتیجه‌گیری

نقش تنظیم‌گری دولت در صنعت برق صرفاً یک ابزار اجرایی نیست، بلکه بر پایه چارچوب‌های قانونی و اسناد بالادستی مانند قوانین حمایت از صنعت برق، قانون سازمان برق ایران، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مرتبط استوار است. هوشمندسازی صنعت برق، بدون اصلاحات حقوقی و نهادی بسترهای لازم، امکان‌پذیر نخواهد بود. بنابراین، هرگونه سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری در صنعت

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۲ (۵۲) / تابستان ۱۴۰۴

برق باید در بستر اصلاحات قانونی و نهادی صورت گیرد تا اثرگذاری واقعی و پایدار حاصل شود. افزون‌بر این، با وجود ساختار حکمرانی صنعت برق در ایران، دولت نقش مهمی در تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق دارد اما به‌تنهایی نمی‌تواند به ایفای درست نقش خود بپردازد و همکاری سایر بخش‌ها و بازیگران کلیدی و بخش خصوصی را می‌طلبد.

پیشنهادهایی نیز مبتنی‌بر نظرات خبرگان و بعضاً برآمده از مطالعات مشابه برای بهبود وضع موجود ارائه شده است. گفتنی است که در ارائه این پیشنهادها، تلاش شده تا وضعیت بلوغ صنعت برق ایران و ساختار حکمرانی انرژی و بافتار ایران لحاظ شود.

۱. طراحی و استقرار نظام تنظیم‌گری تطبیقی بر اساس میزان بلوغ و مرحله عملیاتی صنعت برق (تولید، انتقال و توزیع)؛ بر اساس جدول ۴؛

۱-۱. تعیین نوع مداخله دولت (مستقیم، هم‌تنظیمی یا خودتنظیمی) بر اساس شدت تأثیر اجتماعی، امنیتی و زیست‌محیطی فناوری هوشمند مورد استفاده؛

۱-۲. پیاده‌سازی تنظیم‌گری به صورت مرحله‌ای و همراه با ارزیابی مستمر عملکرد به‌منظور حفظ هم‌راستایی میان توسعه فناوری و حکمرانی؛

۲. توسعه «واحد تنظیم‌گری هوشمندسازی صنعت برق» در وزارت نیرو؛

۲-۱. ایجاد یک نهاد میان‌بخشی با حضور نمایندگان وزارت نیرو، پژوهشگاه نیرو، شرکت توانیر، شرکت‌های توزیع، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر، معاونت علمی ریاست‌جمهوری و بخش خصوصی؛

۲-۲. این نهاد وظیفه نظارت، تطبیق مقررات با فناوری‌های نوظهور و هماهنگی مقرراتی با نهادهای غیربرقی مانند مرکز ملی فضای مجازی و سازمان حفاظت داده‌ها را بر عهده خواهد داشت؛

۳. توسعه مقررات داده‌محور در مرحله انتقال و توزیع شبکه برق؛

۳-۱. تدوین دستورالعمل‌های الزام‌آور برای جمع‌آوری، پردازش و تبادل داده‌های عملیاتی بین سامانه‌های هوشمند (شمارشگرها، اسکادا[1]، سکوهای پیش‌بینی خطا)؛

۳-۲. تدوین قوانین و ضوابطی برای «حکمرانی داده‌های انرژی» برای شفاف‌سازی مالکیت، دسترسی و حفاظت از داده‌ها؛

۳-۳. تقویت زیرساخت‌های امنیت سایبری و مالکیت داده برای تضمین قابلیت اطمینان شبکه و حریم خصوصی مصرف‌کنندگان؛

۴. اجرای برنامه‌های آزمایشی برای فناوری‌های هوش مصنوعی در صنعت برق؛

۴-۱. راه‌اندازی نمونه‌های آزمایشی در شرکت‌های بزرگ‌تری مانند توانیر، مپنا یا شرکت‌های توزیع برای تست الگوهای پیش‌بینی، قیمت‌گذاری پویا یا نگهداری پیش‌گویانه؛

۴-۲. مستندسازی و استخراج تجارب این نمونه‌های آزمایشی برای ارتقاء سیاست‌های ملی؛

۵. تدوین «منشور اخلاقی هوش مصنوعی» در صنعت برق با محوریت رعایت عدالت، شفافیت، مسئولیت‌پذیری و حریم خصوصی کاربران در استفاده از الگوریتم‌ها و سکوهای هوشمند؛ همکاری با نهادهایی مانند مرکز تحقیقات سیاست‌های فناوری، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و دانشگاه‌ها؛

۶. بازطراحی یارانه‌ها و مشوق‌ها به‌گونه‌ای که پذیرش هوشمندسازی تسریع شود؛ ارائه تخفیف تعرفه‌ای یا مشوق مالیاتی به مصرف‌کنندگان خانگی و

1. SCADA

تجاری که از شمارشگرهای هوشمند، مدیریت مصرف یا انرژی‌های تجدیدپذیر بهره می‌برند؛

۷. آموزش و توانمندسازی نهادهای تنظیم‌گر برای حکمرانی فناورانه؛

۷-۱. طراحی دوره‌های تخصصی برای کارشناسان تنظیم‌گر در حوزه هوش مصنوعی، تحلیل داده، الگوهای رگولاتوری و اخلاق فناوری؛

۷-۲. همکاری با دانشگاه‌ها و نهادهای بین‌المللی برای انتقال دانش سیاست‌گذاری دیجیتال در صنعت انرژی.

محدودیت‌های پژوهش

این پژوهش مانند همه پژوهش‌ها با محدودیت‌هایی مواجه بوده است. ازجمله اینکه به‌دلیل ماهیت کیفی پژوهش و انتخاب نمونه هدفمند از خبرگان، نتایج به صورت مستقیم به سایر صنایع، تعمیم‌پذیر نیست. بخش عمده‌ای از مصاحبه‌ها با متخصصان مستقر در تهران یا نهادهای مرکزی انجام شد و ممکن است دیدگاه مناطق عملیاتی (مانند شرکت‌های برق منطقه‌ای و توزیع در استان‌ها) کمتر نمایان باشد. پژوهش به‌دلیل تمرکز بر جنبه‌های نهادی و سیاستی، کمتر به داده‌های کمی یا سنجه‌های عملکردی دقیق از فناوری‌های هوشمند در مراحل تولید، انتقال یا توزیع پرداخته است.

ازآن‌جا که حوزه هوشمندسازی برق و تنظیم‌گری فناورانه در حال تحول مداوم است، ممکن است برخی از یافته‌ها در آینده نیازمند روزآمدسازی باشند.

پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

با توجه به محدودیت‌های پژوهش، پیشنهاد می‌شود که در پروژه‌های آتی، چارچوب تنظیم‌گری هوشمندسازی صنایع مختلف مقایسه شوند. همچنین اثرات به‌کارگیری انواع تنظیم‌گری در طرح‌های آزمایشی ارزیابی شود.

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۲ (۵۲) / تابستان ۱۴۰۴

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله پژوهشگران مراتب سپاس و قدردانی خود را از تمامی صاحب‌نظرانی که با اختصاص وقت ارزشمند خود در مصاحبه‌ها شرکت کرده و با ارائه دیدگاه‌های عمیق و سازنده، زمینه‌ساز اجرای این پژوهش شدند، اعلام می‌دارند. گفتنی است که این مقاله مبتنی‌بر یافته‌های طرح «هوشمندسازی صنایع» است که با حمایت پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات و وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات توسط پژوهشکده مطالعات فناوری انجام شده است.

منابع

حسن‌پور، امیررضا، و خداکرمی، علیرضا(۱۴۰۳). مروری بر هوشمندسازی شبکه توزیع برق. چهارمین همایش بین‌المللی مهندسی الکترونیک، برق و رایانه. https://civilica.com/doc/2101117/

سلیمان، مصطفی(۱۴۰۳). موجی که می‌آید. ترجمه کامران باقری. تهران: انتشارات رسا.

صفری، محمدرضا، خیامیم، سارا، غفاری، کامران، عبدی، لیلا، و کرمی، حسین(۱۴۰۳). تدوین نقشه‌راه اجرایی هوشمندسازی شبکه توزیع. تهران: انتشارات پژوهشگاه نیرو.

عابدی جعفری، حسن، تسلیمی، محمدسعید، فقیهی، ابوالحسن، و شیخ‌زاده، محمد(۱۳۹۰). تحلیل مضمون و شبکه مضامین: روشی ساده و کارآمد برای تبیین الگوهای موجود در داده‌های کیفی. اندیشه مدیریت راهبردی (اندیشه مدیریت)، ۵ (۲)، ۱۹۸-۱۵۱. doi: 10.30497/smt.2011.163

عبدی، لیلا(۱۴۰۲). چکیده مدیریتی پروژه ایجاد سازوکار تنظیم مقررات بهینه‌سازی مصرف انرژی و استقرار شبکه هوشمند. پژوهشگاه نیرو.

عظیم‌زاده آرانی، محمد، و مؤمنی، فرشاد(۱۳۹۶). نهادها و ابزارهای تنظیم‌گری و جایگاه آن در صنعت حمل‌ونقل ریلی، درس‌هایی برای ایران. فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، ۶۶، ۱۲۳-۹۷. doi: 10.22054/joer.2017.8203

عندلیب اردکانی، داوود، و حسینی، مریم(۱۴۰۳). ارائه الگویی برای بسترسازی صنعت ۴.۰ با تأکید بر نقش نوآوری باز، مدیریت نوآوری، ۳ (۲). ۷۸-۳۷. doi: 10.22034/imj.2024.451586.2809

نصیری، حامد، و زدائی، نیلوفر(۱۳۹۸). دسته‌بندی و انتخاب ابزارهای سیاستی علم، فناوری و نوآوری. سیاست علم و فناوری، ۱۱ (۲)، ۵۱۱-۴۹۵. Doi: 20.1001.1.20080840.1398.12.2.33.8

مهرجو، مهری، تناکیان، محمدجواد، و نوفرستی، سمیرا(۱۴۰۰). عیارهای انتخاب فناوری بی‌سیم مخابراتی برای فراسامانه اندازه‌گیری شبکه هوشمند برق ایران. فصلنامه کیفیت و بهره‌وری صنعت برق)، ۱۰ (۳)، ۶۱-۴۸. https://www.sid.ir/paper/966047/fa

هداوند، مهدی، و جم، فرهاد(۱۴۰۱). بازتعریف مفهوم تنظیم‌گری: از رویکرد تمرکزگرا تا عدم‌تمرکز. حقوق اداری، ۱۰ (۳۳)، ۲۶۹-۲۴۵. http://qjal.smtc.ac.ir/article-1-1115-fa.html

یگانـه، حسـن، محقـق، نجـوا، و فامیـل سـعیدیان، فاطمـه(۱۴۰۳). ارائـه اصـول، رویکردهـا و چهـارچوب تنظـیم‌گـری چابـک. حقـوق فنـاوری‌هـای نـوین. ۵ ۹(۹)، ۱۵-۱. doi: 10.22133/mtlj.2023.403503.1222

Andalib Ardakani, D., & Hosseni M(2024). Providing a model for the foundation of Industry 4.0 with the emphasis on the role of open innovation (A case study). *Innovation Management Journal*, 13(2), 37-78. Doi: 10.22034/imj.2024.451586.2809.

Abdi, L(1402). Management Abstract of the Project for Establishing a Regulatory Mechanism for Optimizing Energy Consumption and Establishing a Smart Grid. Niroo Research Institute. *[In Persian]*

Abedi Ja'fari, H., Taslimi, M. S., Faghihi, A., & Sheikhzade, M(2011). Thematic analysis and thematic networks: a simple and efficient method for exploring patterns embedded in qualitative data municipalities. Strategic management thought, 5(2), 151-198. doi: 10.30497/smt.2011.163 *[In Persian]*

Adebayo, A. V., Opaleye, E. T., & Oladejo, I. O(2024). Current State and Future Potential of Energy Efficiency and Demand Side Management in the South African Context. DOI: 10.38124/ijisrt/IJISRT24MAY2443

Azimzadeh Arani, M. and Momeni, F(2017). Regulatory Institutions and Instruments and Their Position in Rail Transportation Industry; Lessons for Iran. *Economics Research*, *17*(66), 97-123. doi: 10.22054/joer.2017.8203

Awogbemi, O., Von Kallon, D. V., & Kumar, K. S(2024). Contributions of artificial intelligence and digitization in achieving clean and affordable energy. *Intelligent Systems with Applications*, 200389. https://doi.org/10.1016/j.iswa.2024.200389

Botnar, W.L., Frederico, G.F(2023). Industry 4.0 in the electric sector: Findings from a systematic review of the literature, The Electricity Journal (36). DOI: 10.1016/j.tej.2023.107337

Braun, V., & Clarke, V(2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, *3*(2), 77-101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Brown, M. A., Zhou, S., & Ahmadi, M(2018). Smart grid governance: An international review of evolving policy issues and innovations. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, *7*(5), e290. https://doi.org/10.1002/wene.290

Dosso, M(2020). Technological readiness in Europe. In Industry 4.0 and Regional Transformations. Taylor & Francis. https://iri.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-07/Chapter%2012_Technological%20readiness%20in%20Europe_EU%20policy%20perspectives%20on%20Industry%2040.pdf

Rasouli Disfani, M., Shojaei, S., Abdollahi Nasab, A., Kanani, F., Shia, S., Khalidi, A., Alizadeh, Sh(1403). Report on the comparative studies of the leading companies program and national experiences in the field of smartization. Institute of Communications and Information Technology.

EBSCO(2024). Retrieved from https://www.ebsco.com/research-starters/law/regulation-energy-markets

Elnadi, M. Abdallah, Y(2023). Industry 4.0: critical investigations and synthesis of key findings, Management Review Quarterly. 74 (3). DOI: 10.1007/s11301-022-00314-4.

European Commission(2021). *Artificial Intelligence Act*. https://artificialintelligenceact.eu/

Floridi, L(2018). *AI4People—An ethical framework for a good AI society*. https://ai4people.org/PDF/AI4People_Ethical_Framework_For_A_Good_AI_Society.pdf

Gasser, U., & Almeida, V. A. F(2017). *A layered model for AI governance*. 21 (6), 58-62. DOI: 10.1109/MIC.2017.4180835

Guest, G.; Bunce, A. & Johnson, L(2006). How Many Interviews Are Enough? An Experiment with Data Saturation and Variability", Field Methods 18 (1), 59-82. DOI: 10.1177/1525822X05279903

GOV.UK(2019). Regulation for the Fourth Industrial Revolution. Retrieved from https://www.gov.uk/government/publications/regulation-for-the-fourth-industrial-revolution/regulation-for-the-fourth-industrial-revolution

Herrera-Vidal, G., Coronado-Hern´ andez, J. J., & Maheut, J(2025). Complexity management challenges in the industry 4.0 era: A systematic review in production systems, Results in Engineering, *26*, 105329. DOI: 10.1016/j.rineng.2025.105329

hadavand M, jam F(2023). Redefining of the Concept of Regulation: From Centered to Decentered Approach, qjal, 10 (33), 245-269 URL: http://qjal.smtc.ac.ir/article-1-1115-fa.html *[In Persian]*

Hasanpour, A.R. & Khodakarami, A.R(2024). The fourth international conference on electronic, electrical and computer engineering, Hamadan, https://civilica.com/doc/2101117. *[In Persian]*

Hodge, G. A., & Greve, C(2019). *The logic of public–private partnerships*. Edward Elgar Publishing. DOI: 10.4337/9781784716691

IBM(2023). Preparing governments for future shocks A roadmap to resilience. https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/en-us/report/government-future-shocks-resilience

Jamali, M. B., & Rasti-Barzoki, M(2022). A game-theoretic approach for examining government support strategies and licensing contracts in an electricity supply chain with technology spillover: A case study of Iran. *Energy*, *242*, 122919. DOI: 10.1016/j.energy.2021.122919

Junlakarn, S., Kokchang, P., Ann, S. C. K., Dinh, T. D., Tan, C. P., Tan, W. S., & Chong, Y. S(2025). Comparing Governance and Market Dynamics of P2p Energy Trading: Enhancing National Energy Strategies in Malaysia and Thailand. *Available at SSRN 5088228*. DOI: 10.2139/ssrn.5088228

Kabeyi, M. J., & Olanrewaju, O. A(2023). Smart grid technologies and application in the sustainable energy transition: a review. International Journal of Sustainable Energy, 42(1), 685-758. DOI: 10.1080/14786451.2023.2222298

Khan, M.I. Yasmeen, T. Khan, M. Hadi, N.U. Asif, M. Farooq, M. Al.-Ghamdi, S.G(2025). Integrating industry 4.0 for enhanced sustainability: Pathways and prospects. Sustainable Production and Consumption. https://pure.kfupm.edu.sa/en/publications/integrating-industry-40-for-enhanced-sustainability-pathways-and-/

Khodamoradi, M. & Esmailian, K(1403). The fourth international conference on electronic, electrical and computer engineering, Hamadan. https://civilica.com/doc/2101117 [In Persian]

Mehrjoo, M.; Tanakian, M.J. & Noferesti, S(2021). Proposing Criteria for Selecting Wireless Telecommunication Technology of Advanced Metering Infrastructure in Iran's Smart Grid. ieijqp; 10 (3), 48-61. http://ieijqp.ir/article-1-804-fa.html *[In Persian]*

Ministry of International Trade and Industry(2018). Industry 4WRD: NATIONAL POLICY ON INDUSTRY 4.0. Ministry of International Trade and Industry. https://www.miti.gov.my/miti/resources/STA%20Folder/PDF%20file/4._Industry4WRD_.pdf

McKinsey(2022).What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR? https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir#/

Mulligan, D. K., & Bamberger, K. A(2019). *Privacy on the Ground*. https://ssrn.com/abstract=2914924

Nasiri, H. and Radaei, N(2019). Classification and Choice of Science, Technology and Innovation Policy Instruments. *Journal of Science and Technology Policy*, *12*(2), 495-511. Doi: 20.1001.1.20080840.1398.12.2.33.8

OECD(2011). Regulatory Policy and Governance SUPPORTING ECONOMIC GROWTH AND SERVING THE PUBLIC INTEREST. https://www.oecd.org/en/publications/2011/10/regulatory-policy-and-governance_g1g1415c.html

OECD(2021). *Framework for Classification of AI Systems*. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/02/oecd-framework-for-the-classification-of-ai-systems_336a8b57/cb6d9eca-en.pdf

OECD(2021). Recommendation of the Council for Agile Regulatory Governance to Harness Innovation, https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0464

OECD(2024). FRAMEWORK FOR ANTICIPATORY GOVERNANCE OF EMERGING TECHNOLOGIES. https://www.oecd.org/en/publications/2024/04/framework-for-anticipatory-governance-of-emerging-technologies_14bf0402.html

OECD(2025). OECD Regulatory Policy Outlook 2025. https://www.oecd.org/en/publications/2025/04/oecd-regulatory-policy-outlook-2025_a754bf4c.html

Oluokun, O. A., Akinsooto, O., Ogundipe, O. B., & Ikemba, S(2025). Policy strategies for promoting energy efficiency in residential load management programs. *Gulf Journal of Advance Business Research*, *3*(1), 201-225. DOI: 0.1016/j.iswa.2024.200389

Reshetova, E., & Hartley, K(2025). Strengthening governance accountability in smart cities: The case of urban energy transition in Jakarta, Indonesia. In *Smart Cities to Smart Societies*, 99-130. Routledge. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003439325-9/strengthening-governance-accountability-smart-cities-elena-reshetova-kris-hartley

Safari, S.; Khayamim, S.; Ghaffari, K.; Abdi, L. and Karami, H(1403). Compilation of an executive roadmap for smart distribution network development, Niroo Research Institute Publications.

Suleyman, M(2025). The coming wave: AI, power, and our future. Random House, Translated by Seyyed Kamran Bagheri (1403). Rasa Paublication, Tehran, Iran. *[In Persian]*

Newo(2025). Artificial Intelligence in the Electrical Industry, https://newo.ai/insights/artificial-intelligence-in-the-electrical-industry/

United Nations(2022). Industry 4.0 for Inclusive Development, United Nations Conferences on Trade and Development.

Yeung, K(2017). Algorithmic Regulation: A Critical Interrogation, TLI Think! Paper 62/2017, Regulation & Governance, Forthcoming, King's College London Law School Research Paper 27, https://ssrn.com/abstract=2972505

Yeganeh, H., Mohaghegh, N. & Famil Saeedian, F(2024). Principles, Approaches and Framework for Agile Regulation. *ModernTechnologies Law*, *5*(9), 1-15. doi: 10.22133/mtlj.2023.403503.1222

Weismann, M. F(2024). *AI Regulatory Models: EU and Global*. https://insights.aib.world/article/120396-artificial-intelligence-regulatory-models-advances-in-the-european-union-and-recommendations-for-the-united-states-and-evolving-global-markets

Vaidya, S. Ambad, P., Bhosle, S(2018). Industry 4.0 – A Glimpse, 2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering, Procedia Manufacturing. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.02.034

Zanjireh, M. M., Rezaei, H., Mortazavi, S. M., & Hadizadeh, M(2024). Interpretive structural model of drivers of Business Development in Iran: Leveraging AI-Based Digital Platforms. *Journal of Iran Future Studies/Āyandah/pizhūhī-i Īrān*, *9*(1). DOI: 10.30479/jfs.2024.19352.1501