مرکز ملی فضای مجازی
پژوهشگاه فضای مجازی

عصر فضای مجازی صدوسوم

اینترنت اشیاء سبز (Green-IoT)
فناوری کلیدی در توسعه پایدار

Green-IoT
Key technology
in sustainable development

مرکز ملی فضای مجازی
پژوهشگاه فضای مجازی

اینترنت اشیاء سبز (Green-IoT)
فناوری کلیدی در توسعه پایدار

محتوای انتشار یافته در این اثر
الزاماً بیانگر دیدگاه مرکز ملی فضای مجازی نیست

تهیه شده در پژوهشگاه فضای مجازی
(گروه کشاورزی و منابع طبیعی دیجیتال)

تهیه‌کننده: مهتاب صفری شاد

ناظر علمي: دکتر علی اکبر نوروزی (دانشیار سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی)

حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به مرکز ملی فضای مجازی است و استفاده از آن با ذکر منبع مجاز می باشد.

نشانی: تهران، میدان آرژانتین، خیابان بیهقی، نبش خیابان ۱۶غربی، پلاک ۲۰
تلفن: ۰۲۱-۸۶۱۵۱۰۶۱
کد پستی: ۱۵۱۵۶۷۴۳۱۱

فهرست

سخن نخست ۵
چکیده ۹
مقدمه ۱۳

بخش اول

تکنولوژی سبز و اینترنت اشیاء: به حداکثر رساندن مزایا و به حداقل رساندن معایب ۱۹
G-IoT: مفهوم و الزامات ۲۴

بخش دوم

برنامه‌های G-IoT به سمت توسعه پایدار ۲۷
کشاورزی ۳۱
مدیریت آب ۳۶
جنگلداری ۳۹
شیلات ۴۰
تأمین انرژی / انرژی تجدید پذیر ۴۲
صنعت / ساخت ۴۴
مدیریت پسماند ۴۶

بخش سوم

چالش‌ها و مسائل در IOT سبز ۴۹
چالش‌ها و مسائل فنی ۵۱
عدم استاندارد سازی ۵۵
حفاظت از حریم خصوصی و امنیت اطلاعات ۵۶
حکمرانی و قانون گذاری ۵۸

بخش چهارم

از بخت آزمایی تا اینترنت اشیاء سبز: دروس آموخته شده ۶۱

بخش پنجم

توصیه های کلیدی دستیابی به اینترنت اشیاء سبز ۶۷
توصیه‌های کلیدی انرژی محور ۶۹
پارامترهای زیست محیطی به منظور دستیابی به اینترنت اشیا سبز ۷۲

جمع بندی ۷۷
منابع ۸۵

سخن نخست

سخن نخست

فضای مجازی با شتاب شگرف و رو به تزایدی که در حال بسط و گسترش است تمام ساحات اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی زندگی بشر را درنوردیده و هر روز بخش بزرگی از زندگی واقعی را در خود فرو برده و حیات متفاوت و جدیدی به آن می‌دهد. لذا به نظر می‌رسد دو نگاه کلان به فضای مجازی وجود دارد: نگاه اول که بالاخص در ابتدای رشد و تکوین فضای مجازی مسلط شده بود، آن را همچون ابزاری کنار سایر ابزارهای بشری تصویر می‌کرد که تنها طریقیت داشت. اما نگاه دوم، در نتیجه رشد تحولات خیره‌کننده فضای مجازی و سایه گستری آن در حوزه‌ها و شئون بشر در یک دهه اخیر آن را چون سکویی می‌داند که بسیار فراتر از شأن ابزاری حیات انسان‌ها را سامان جدیدی داده و ادعای تمدن نوینی را دارد. رویکردی که از قضا از چشمان بصیر رهبر انقلاب نیز دور نمانده و انتظاری تمدنی از فضای مجازی در ایران را مطالبه داشته‌اند.

در همین راستا گزارش‌های عصرفضای مجازی تلاش می‌کند تا فهم سازمان‌ها و دستگاه‌های مرتبط با حوزه فضای مجازی را ارتقاء بخشیده و آن‌ها را برای مواجهه فعال و خردمندانه با تحولات این عرصه مهیا سازد.

سید ابوالحسن فیروزآبادی
دبیر شورای عالی و رئیس مرکز ملی فضای مجازی

چکیده

چکیده

توسعه سریع فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات (ICTs) با تأثیر مستقیم و چشمگیر بر همه جنبه‌های زندگی، جامعه «صنعتی» را به یک جامعه مبتنی بر«اطلاعات» تبدیل خواهد کرد. علیرغم مزایای بی‌شمار این فناوری در توسعه و هوشمندسازی، در حال حاضر، افزایش حجم آلودگی سمی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف مواد اولیه غیر قابل تجدید، و زباله‌های الکترونیکی از جمله عوامل نگران کننده در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) هستند. شبکه محیط زیست گاردین تخمین می‌زند که در ۱۰ سال آینده، ۳,۵ درصد از انتشار جهانی کربن (۱,۹ گیگاتون) ناشی از دستگاه‌های اینترنت اشیاء و مراکز داده خواهد بود. طبق پیش‌بینی‌ها، تولید زباله‌های الکترونیکی تا پایان سال ۲۰۲۱ به ۵۲,۲ تن یا ۶,۸ کیلوگرم در اینچ خواهد رسید. با این حال، تنها ۲۰ درصد، یعنی ۸,۹ میلیون تن از زباله‌های الکترونیکی ثبت شده در سطح جهان بازیافت می‌شود. به منظور به حداقل رساندن پتانسیل تأثیر منفی توسعه این فناوری بر انسان و محیط زیست، لازم است با توجه به موارد مذکور تدابیری جهت مقابله و رفع معایب این فناوری اندیشه شود. این موضوعی

درخور توجه برای حرکت به سمت آینده‌ای سبز است، به طوریکه فناوری، اینترنت اشیاء، و اقتصاد، به ترتیب با فناوری سبز، اینترنت اشیاء سبز (G-IoT) و اقتصاد سبز جایگزین گردد. به دلیل اهمیت این موضوع، گزارش پیش‌رو، در ۵ بخش تدوین شده است. که در آن مبانی G-IoT و نقش آن در توسعه پایدار، برنامه‌های G-IoT به سمت توسعه پایدار در چند بخش کشاورزی، مدیریت آب، جنگلداری، شیلات، تأمین انرژی، صنعت و مدیریت پسماند، چالش‌ها و مسائل پیش‌روی G-IoT، بازیگران و اقدامات ضروری آن‌ها برای دستیابی به G-IoT، و در نهایت توصیه‌های کلیدی انرژی محور و زیست محیطی در این زمینه، ارائه شده است. نتایج این سند پژوهشگران، سازمان‌ها و شرکت‌های فناوری، را به یافتن راه‌حل‌های مناسب در این راستا و در نظر گرفتن تأثیرات زیست محیطی فناوری اینترنت اشیاء از همان ابتدا و لحاظ نمودن این تأثیرات در توسعه و استفاده از این فناوری دعوت می‌نماید.

بدیهی است که ادغام مفهوم G-IoT در بخش ICT و بخش‌های محرک اقتصاد سبز، مستلزم تعامل همه بازیگران (دولت‌ها، مدیران، کارمندان و مصرف کنندگان) و همچنین تدوین قوانین رسمی، استانداردها و سیاست‌ها برای اجرای شیوه‌های G-IoT است.

واژگان کلیدی: اینترنت اشیاء سبز، اقتصاد سبز، توسعه پایدار، محیط زیست.

مقدمه

مقدمه

توسعه سریع فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات (ICTs) با تأثیر مستقیم و چشمگیر بر همه جنبه‌های زندگی، جامعه «صنعتی» را به یک جامعه مبتنی بر«اطلاعات» تبدیل خواهد کرد. راه‌حل‌های جدید ICT، به ویژه اینترنت اشیاء از طریق اتصال افراد و اشیاء در هر زمان و مکان، زندگی افراد، مشاغل، روش‌های سازماندهی مردم، تعامل با یکدیگر و مشارکت در حوزه‌های مختلف جامعه را به طور قابل توجهی تغییر می‌دهد.[1]

چشم انداز دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد، هزینه‌ای است که محیط زیست در کوتاه مدت و بلندمدت برای پیشرفت یک فناوری در سراسر جهان و در چندین دهه پرداخت می‌کند. میلیاردها دستگاه IoT به مقدار زیادی انرژی برای تولید حجم عظیم داده‌ها و انتقال آن‌ها از طریق شبکه‌ها نیاز دارد. میلیاردها باتری نیز در طول چرخه عمر دستگاه‌هایIoT دور ریخته می‌شوند. مجموع زباله های الکترونیکی جهانی تولید شده در سال ۲۰۱۶، ۴۴,۷ میلیون تن (Mt) بوده است که به طور متوسط به ۶,۱ کیلوگرم (کیلوگرم/اینچ) برای هر نفر در مقایسه با سال ۲۰۱۴ (۵,۸ کیلوگرم/اینچ) رسید[2]. طبق

1. Vidas-Bubanja, M. 2014
2. ALBREEM et al.,2021

پیش بینی‌ها، تولید زباله‌های الکترونیکی تا پایان سال ۲۰۲۱ به ۵۲,۲ تن یا ۶,۸ کیلوگرم در اینچ خواهد رسید. با این حال، تنها ۲۰ درصد، یعنی ۸,۹ میلیون تن از زباله‌های الکترونیکی جهانی ثبت شده در سطح جهان بازیافت می‌شود[۱].

شبکه محیط زیست گاردین تخمین می‌زند که در ۱۰ سال آینده، ۳,۵ درصد از انتشار جهانی کربن (۱,۹ گیگاتون) ناشی از دستگاه‌های اینترنت اشیاء و مراکز داده خواهد بود[۲]. در ایالات متحده، دیتا سنترها بیش از ۱۰۰ تراوات ساعت انرژی الکتریکی و ۴۱۶,۲ تراوات ساعت در سطح جهانی را مصرف خواهند کرد. میزان انتشار دی اکسید کربن (CO_2) ناشی از شبکه‌های سلولی، ۳۴۵ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ بوده است[۳]. در ۲۱ نوامبر ۲۰۱۹، لوکزامبورگ تایمز گزارش داد که برنامه گوگل برای ایجاد یک دیتا سنتر گسترده در مرکز لوکزامبورگ نگرانی‌های قابل توجهی را برای جامعه، به ویژه از نظر مصرف انرژی و آب توسط این مرکز داده، ایجاد کرده است. تخمین زده می‌شود که این مرکز داده به ۱۰ میلیون لیتر آب در روز نیاز دارد، که حدودا برابر ۱۰ درصد کل مصرف آب این کشور است[۴]. گزارش دیگری توضیح می‌دهد که انتظار می‌رود مرکز داده در فاز اول ۷ درصد از منابع انرژی کشور و در فاز دوم تا ۱۲ درصد را مصرف کند. این منبع از نگرانی‌های دیگر از جمله نویز و آلودگی هوا خبر می‌دهد، اگرچه گوگل اعلام نموده که آنها به استانداردهای اتحادیه اروپا احترام خواهند گذاشت، اما هنوز مطالعات اثرات زیست محیطی در این خصوص صورت نگرفته است[۵].

1. Andreopoulou, Z., et al., 2013
2. Kantarci, B. 2016.
3. Ozturk, A., et al., 2011.
4.https://luxtimes.lu/luxembourg/39098-village-worries-about-environment-in-first-google-face-off
4. https://chronicle.lu/category/ict-services/31104-googles-plans-for-eur1bn-data-centre-in-bissen-get-green-light

بنابراین با وجود مزایای فوق العاده IoT در توسعه و «هوشمندی»، رشد سریع آنها ممکن است با ضایعات بیشتر، انتشار گازهای گلخانه‌ای[1] و مصرف بیش از حد مواد اولیه تجدیدناپذیر و دیگر چالش‌ها، همراه باشد. با توجه به چالش‌های زیست محیطی، طراحی، ساخت، استقرار، سرویس‌دهی و خروج دستگاه‌های الکترونیکی باید از دستورالعمل‌های زیست محیطی پیروی و از رویکردهای ابتکاری استفاده کند.

هدف اصلی فناوری سبز، استفاده از فناوری‌هایی است که منجر به تخریب و تنش بر منابع طبیعی نگردد و با حداقل مصرف انرژی، میزان زباله و انتشار در هنگام تولید و استفاده همراه باشد و بر سلامت انسان و محیط زیست طبیعی تأثیر منفی نگذارد.

اقتصاد سبز را می‌توان به عنوان اثرات حاصله از بهبود کیفیت زندگی و عدالت اجتماعی به همراه حفظ و ارتقاء کیفیت محیط زیست تعریف کرد[2]. در نظر گرفتن تأثیرات زیست محیطی فناوری اینترنت اشیاء از همان ابتدا و لحاظ نمودن این تأثیرات در توسعه و استفاده از این فناوری، منجر به تکامل IoT سبز (G-IoT) می‌شود. G-IoT به عنوان یکی از پیشران‌های دنیای هوشمند و پایدار به سمت کاهش انتشار کربن و مصرف انرژی الکتریسیته تبدیل به یک واژه محبوب روز شده است.

G-IoT، مصرف انرژی را کارآمدتر نموده، انتشار کربن، و آلودگی را کاهش می‌دهد و پتانسیل زیادی برای تقویت پایداری اقتصاد و حفظ محیط زیست دارد. به همین دلیل، شرکت‌ها و عموم مردم در سراسر جهان، برای ایجاد محصولات و خدمات سبز و پایدار، و کشف

1. Greenhouse gas
2. ITU. 2014.

فرصت‌های تجاری IoT سبز به سمت نوآوری‌ها در اینترنت اشیاء روی آورده‌اند. سیستم‌های هوشمند و G-IoT می‌توانند به عنوان یک فناوری اصلی برای رشد پایدار جامعه در نظرگرفته شوند. برای درک بیشتر مبانی G-IoT و نقش آن در توسعه پایدار، سند حاضر ایده‌ها، اهمیت، و تأثیرات فعلی نوآوری‌های G-IoT را برای حرکت به سمت جهان هوشمند پایدار بررسی می‌کند.

بخش اول

بخش اول

تکنولوژی سبز و اینترنت اشیاء: به حداکثر رساندن مزایا و به حداقل رساندن معایب

برنامه‌های متعدد اینترنت اشیاء (خانه هوشمند، ارتقا بهداشت و سلامت، امنیت عمومی، هوشمندسازی کارخانه‌ها، تولید هوشمند، انرژی پایدار، تولید و توزیع مواد غذایی، نظارت بر محیط زیست، ساختمان‌ها، حمل و نقل، پوشیدنی‌ها، شهرهای هوشمند و ..) نشان می‌دهند که چرا اینترنت اشیاء یکی از روندهای استراتژیک مهم در حال حاضر و آینده است.

شکل ۱. اهداف فناوری سبز

ICT سبز مفهومی گسترده است که بسیاری از فناوری‌ها مانند تجارت الکترونیکی، مجازی‌سازی، اینترنت اشیاء، دورکاری، شبکه‌های هوشمند، ابر رایانه ها و رایانش ابری را شامل می‌شود. [1]

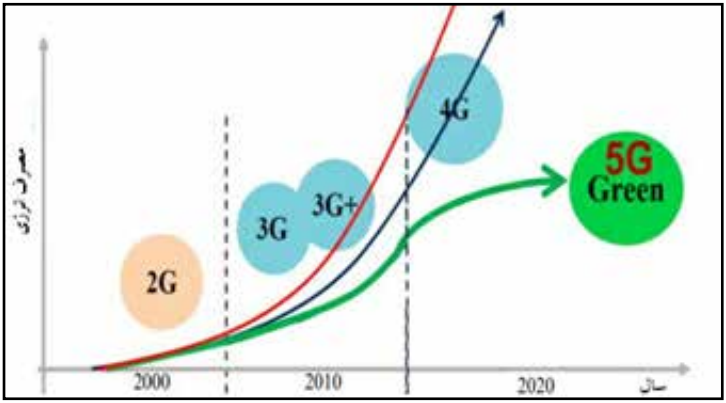
ICT از دو منظر مختلف بر محیط زیست تأثیر می‌گذارد، از یک طرف در هر مرحله از چرخه زندگی خود (توزیع، مصرف و دفع)، مشکلات زیست محیطی ایجاد می‌کند؛ به عنوان نمونه، در طول فرایند تولید تجهیزات ICT، مقدار قابل توجهی مواد طبیعی و خام، مواد شیمیایی و نیروی برق استفاده می‌شود. همچنین تجهیزات ICT (رایانه ها، مانیتورها، سرورها، تجهیزات ارتباطی داده ها، سیستم‌های خنک کننده) تقریباً سهمی معادل با ۲ درصد در انتشار CO۲ در کل جهان دارند.

از طرف دیگر، ICT و IoT، می‌توانند به عنوان ابزاری برای رسیدگی به مشکلات زیست محیطی در نظر گرفته شوند. مدل‌سازی، توسعه، استفاده از رایانه، سرورها و زیر سیستم‌های وابسته به روشی مسئولانه از نظر اقتصادی، افزایش مهارت در کاهش مصرف انرژی و کاهش ضایعات، به عنوان یک فرآیند در ICT سبز شناخته شده است، که حداکثر سود و حداقل آسیب را به همراه دارد[2]. فرایند ICT سبز شامل فناوری ارتباطات سبز، فناوری محاسبات سبز، با استفاده از شبکه هوشمند و برنامه‌های کاربردی است. فناوری ارتباطات بی‌سیم سبز نقش مهمی در اینترنت اشیاء سبز دارد، تمرکز اصلی ارتباطات سبز بر کاهش مصرف انرژی و انتشار CO2، در دستگاه‌های ارتباطی و شبکه ای است.

شبکه تلفن همراه نسل پنجم (5G) با فناوری‌های ارتباطی

1. Radu, L. D. 2016.
2. NCB. (n.d). Green ICT guidelines for businesses.
Zhu,et al., 2015.

پیشرفته پشتیبانی می‌شود که نقش مهمی در گسترش خدمات مبتنی بر اینترنت اشیا (IoT) در نسل آینده ایفا می‌کند. تحقیقات صورت یافته، مزیت فناوری 5G در افزایش قابلیت اطمینان، کیفیت خدمات و ارتباطات بین ماشین‌ها و انسان، را نشان می‌دهد[1]. مطابق شکل ۲، 5G همیشه بر کاهش مصرف انرژی تمرکز داشته و منجر به برقراری ارتباطات سبز و محیط‌های سالم می‌شود. علاوه بر این، فناوری 5G، با پوشش‌دهی گسترده و کاهش تأخیر زمانی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و پشتیبانی از حجم بالای داده‌ها، را فراهم می‌کند.



شکل ۲. تحولات مصرف انرژی جهت ارتباطات سبز

در حال حاضر تحول معماری ارتباطات، ارتباطات بی‌سیم سبز، مسیریابی با هدف صرفه‌جویی در مصرف انرژی، استراتژی‌های انتخابی برای ارتباطات سبز، از جمله اصلی‌ترین تمرکز تحقیقات با هدف سبز کردن فناوری ارتباطات، هستند.

1. Mao, 2011.

G-IoT: مفهوم و الزامات

مفهوم G-IoT براساس همان دستگاه‌های محاسباتی، پروتکل‌های ارتباطی و معماری شبکه IoT بوده، اما با پارادایم‌های اکولوژیکی و کارآمدتر انرژی برای تولید محصولات و خدمات (کاهش قابل توجه در مصرف انرژی، کاهش انتشار کربن، آلودگی‌های سمی و ...) همراه است. از این رو، G-IoT توسط ICTهای سبز مانند: شناسایی فرکانس رادیویی (RFID) ، شبکه‌های حسگر بی سیم (WSN)، شبکه‌های تلفن همراه، ارتباطات ماشین به ماشین (M2M)، دستگاه‌ها و ارتباطات جمع آوری انرژی، رادیو شناختی، رایانش لبه ای / مه / ابری و تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها، امکان پذیر است.

برای دستیابی به اصول کلی G-IoT، انجام وظایف زیر لازم است:

- طرحی سازگار با محیط زیست و استفاده از محصولات زیستی در تولید مولفه‌های G-IoT (تاکید بر تولید و استفاده از دستگاه‌های زیست تخریب پذیر و واحدهای پردازش انرژی نانو).
- کاهش مصرف انرژی در تأسیسات
- انتقال اطلاعات فقط در صورت لزوم (به عنوان مثال، استفاده از روش پیش بینی تحویل داده یا معماری ابری/ مه / لبه ای که فقط اطلاعات مهم را ارسال و کمیت داده‌های منتقل شده را کاهش می‌دهد).
- به حداقل رسانی طول مسیر داده‌ها (به عنوان مثال، اجرای تکنیک‌های مسیریابی کارآمد انرژی).
- پردازش گزینه‌های ارتباطاتی
- اعمال تکنیک‌های ارتباطاتی پیشرفته (به عنوان مثال، MIMO

(چند ورودی-چند خروجی) یا استفاده از رادیو شناختی)

- پیاده‌سازی مکانیسم امنیتی و حریم خصوصی داده‌ها در هر یک از اجزای سیستم G-IoT و سیستم کلی G-IoT
- کاهش پیچیدگی زیرساخت‌های اینترنت اشیاء سبز.
- مکانیسم انرژی کارآمد برای اینترنت اشیاء مانند: باد، خورشید، ارتعاش
- دستگاه‌ها و پروتکل‌های مورد استفاده برای برقراری ارتباط، باید مصرف برق و انرژی کمتری داشته باشند.

به کارگیری تکنیک‌های ICT و G-IoT به روشی که منافع مثبت زیست محیطی را به حداکثر و آلودگی را به حداقل برساند، مهم‌ترین عامل اصلی در فن‌آوری اقتصاد پاک یا سبز است. ورود میلیاردها دستگاه «هوشمند» در دهه‌های آینده، تحول اقتصادی قابل توجه‌ای از جمله ایجاد یک هزار فرصت شغلی و تریلیون دلار توسعه اقتصادی و صرفه‌جویی در هزینه‌ها و در نتیجه رشد پایدار جامعه را در پی خواهد داشت. به عبارت دیگر، G-IoT نوید بهبود و ایجاد مدل‌های جدید تجاری، کاهش هزینه‌ها و ... را می‌دهد. انتظار می‌رود علاوه بر ایجاد مزایای بی‌شمار برای مصرف کنندگان، پیشرفت چشمگیری در مناطق مختلف و بر رشد اقتصاد جهانی نیز داشته باشد.

اخیراً سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه از سوی مراکز دولتی و خصوصی بر انرژی‌های تجدید پذیر و فن‌آوری‌های کارآمد انرژی، و همچنین بر سایر بخش‌ها، مانند مصرف کالاها و خدمات سازگار با محیط زیست، مدیریت و بازیافت زباله مشاهده می‌شود. فناوری‌های

اطلاعـات و ارتباطـات می‌توانـد بـا کاهـش تأثیـر مسـتقیم بـر محیـط زیسـت و سـلامت انسـان، توسـعه اقتصـاد سـبز را تقویـت نمـوده، و بـا تغییر رفتـار، عـادات و ارزش‌هـای افـراد، توسـعه سـاختارهای اقتصـادی -اجتماعی و فرایندهـای منفعت‌رسـان عمومـی را افزایـش دهـد[1]. اقتصـاد سـبز بـه منظـور دسـتیابی بـه ایـن اهـداف بـه همـکاری همـه عوامـل تجـاری نیـاز دارد. مسـلم اسـت کـه تـا چنـد سـال آینـده G-IoT علاقـه قابـل توجهـی را در سراسـر جهـان بـه خـود جلـب می‌کنـد و موضـوع مهمـی خواهـد بـود. پیشـرفت و اثـرات G-IoT تنهـا بـه منابـع مالـی بسـتگی نخواهـد داشـت. بلکـه موفقیـت و تأثیـر قابـل توجـه آن در توسـعه پایـدار بسـتگی بـه پذیـرش و حمایـت افـراد، مشـاغل و دولت‌هـا، همـراه بـا چارچوب‌هـای قانونـی و نهـادی خواهـد داشـت.

1. APC. 2010.

بخش دوم

بخش دوم

برنامه‌های G-IoT به سمت توسعه پایدار

فناوری‌ها می‌توانند در تحقق چشم‌انداز توسعه پایدار کمک کنند. اگر تصمیمات «صحیح» در مورد نوآوری‌ها در مراحل اولیه توسعه آنها گرفته شود، فناوری‌ها به ابزاری اساسی برای توسعه پایدار تبدیل خواهند شد. فناوری‌ها می‌توانند به عنوان ابزاری برای اطمینان از دسترسی مردم به آب کافی و تمیز، انرژی تمیز و مقرون به صرفه، زندگی در محیط زیستی با سمیت پایین، مدیریت منابع طبیعی به طور موثر و کارآمدتر مورد استفاده قرار گیرند.

در سال‌های اخیر، بسیاری از شهروندان به سوی«زندگی سبز»، حرکت نموده‌اند، به عنوان مثال: استفاده هوشمندانه از خدمات الکترونیکی، ویدیو کنفرانس، استفاده از ابزارها و خدمات اطلاعاتی سبز به ویژه اینترنت اشیاء سبز، استفاده گسترده از محصولات دوستدار محیط زیست، ساخت‌وسازهای سبز، بام‌های سبز، استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر، صرفه‌جویی در مصرف انرژی در خانه، آگاهی از اهمیت بازیافت و ... از این رو، فناوری‌های سبز و حرکت به سمت G-IoT، تحقق مزایایی را که فناوری‌های جدید ارائه می‌دهند، امکان پذیر نموده، در عین حال تأثیر منفی بر محیط زیست و میزان

مصرف انرژی را به حداقل می‌رساند (شکل ۳).

شکل۳. جهان بینی هوشمند G-IoT .

ICTهای سبز شیوه های بدیعی را برای اجرای موفقیت آمیز اقتصاد سبز و دستیابی به توسعه پایدار ارائه می‌دهند. ICTها و G-IoT به عنوان عوامل حیاتی برای توسعه اقتصادی پایدار دیده می‌شوند. اینترنت اشیاء سبز در حوزه‌های بی شمار می‌توانند مزایای خود را، از جمله کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و ضایعات، حفظ منابع طبیعی، و... نشان دهد. در بخش بعدی با تکیه بر ایده‌ها، اصول و مزایای بالقوه G-IoT، تحلیل جامع از تأثیرات G-IoT بر بخش‌های اصلی اقتصاد سبز (کشاورزی، جنگلداری، شیلات، آب، انرژی و صنعت) ارائه می‌گردد.

کشاورزی

بخش کشاورزی با چالش‌های بسیاری روبروست که نشأت گرفته از عوامل متعددی از جمله تغییرات اقلیمی، کاهش تنوع زیستی، خشکسالی، بیابان زایی، افزایش نیاز به مواد غذایی و ناکارآمدی زنجیره‌های مرتبط است. حل اغلب این چالش‌ها، نیاز به در دسترس بودن اطلاعات صحیح، دقیق و به هنگام دارد. عدم دسترسی به اطلاعات مهم و به هنگام مانند اطلاعات آب و هوایی، آفات، بیماری‌ها، بازار و... ، منجر به بهره‌وری پایین در این حوزه شده است. لذا می‌توان با استفاده از فرصت‌هایی که فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات در اختیار قرار می‌دهد، موجبات افزایش بهره‌وری و رشد اقتصادی در این بخش را فراهم نمود. G-IoT می‌تواند با اتوماسیون‌سازی تولید، قابلیت ردیابی، نظارت از راه دور، هوشمندسازی تصمیم‌گیری و پیش بینی‌ها، پیشرفت قابل توجهی در کل بخش کشاورزی و زنجیره تأمین مواد غذایی ایجاد کند. کشاورزی مبتنی بر اینترنت اشیاء سبز، منجر به بهبود عملکرد محصول، بهینه‌سازی بهره‌وری آبیاری، کاهش مصرف آب و ورودی‌ها، و همچنین کاهش هزینه‌های کشاورزی خواهد شد.

فناوری اینترنت اشیاء تاکنون در ظهور سه نوع کشاورزی، مشارکت داشته است:

- **کشاورزی دقیق:** خود یک فناوری است که از فناوری‌های پیشرفته برای بهبود عملکرد محصول استفاده می‌کند، و شبکه حسگر بی‌سیم (WSN [1]) عامل اصلی در توسعه آن است. این تکنولوژی به طور موثر خطرات احتمالی در فرآیند تولید را کاهش

1. Wireless Sensor Network

و به کشاورزان کمک می‌کند تا با استقرار تعداد زیادی سنسور بی‌سیم کم مصرف و چند منظوره در محیط (مانند مزارع و محیط پرورش دام و طیور)، اقدامات زراعی دقیق و کنترل شده را انجام و داده‌های مربوط به فرایند تولید محصولات کشاورزی (مانند داده‌های محیطی، داده‌های رشد محصول، داده‌های سلامت و بهداشت دام) را جمع‌آوری کنند[1]. اصلی‌ترین فناوری اطلاعات مدرن مورد استفاده در کشاورزی دقیق، فناوری « 3S»: سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، و سیستم موقعیت‌یابی جهانی است. مهم‌ترین کاربرد GPS در کشاورزی دقیق، هواپیماهای بدون سرنشین کشاورزی است. هواپیماهای بدون سرنشین برای ارزیابی سلامت محصولات، نظارت بر فرایند کاشت و رشد محصولات، سمپاشی محصولات و تجزیه و تحلیل مزرعه استفاده می‌شود. به علاوه، با تلفیق فناوری IoT و «3S» در پرورش طیور و دام‌های آزاد، می‌توان با اتصال سنسور به آنها، با جمع‌آوری اطلاعات درباره مکان و سلامت دام‌ها، دام‌های بیمار را شناسایی، آنها را جدا و زمان و تلاش لازم جهت مکان‌یابی حیوانات را کاهش داد. به طور کلی، کشاورزی دقیق یک سیستم تصمیم‌گیری خبره برای مدیریت تولید کشاورزی ایجاد می‌کند تا جایگزین روش مدیریت تولید سنتی کشاورزی شود. پی‌آمد کشاورزی دقیق (۱) استفاده منطقی از سموم دفع آفات و کاهش آلودگی محیط زیست؛ (۲) بهبود کارایی آبیاری کشاورزی و کاهش هدررفت منابع؛ (۳) کاشت محصولات در محیط مناسب رشد آن‌ها، بهبود استفاده از زمین و (۴) تجزیه و تحلیل قانون رشد محصولات زراعی و دامی، حفظ

1. Mabrook & Majed.2020.

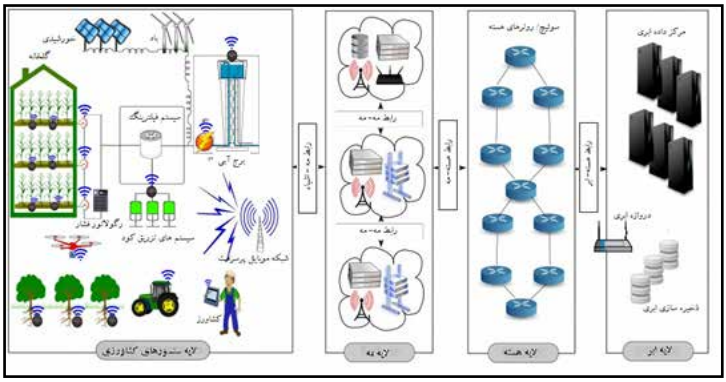
بهتریـن حالـت رشـد و بهبـود چشـمگیر کمیـت و کیفیـت محصـولات کشـاورزی اسـت.

❖ **Facility agriculture:** یـک روش تولیـد کشـاورزی اسـت کـه کیفیـت خـوب و عملکـرد بـالا را مـورد هـدف قـرار می‌دهـد، کشـاورزی سـنتی را از بنـد طبیعـت آزاد می‌کنـد و تقاضـای مصـرف چنـد سـطحی ناشـی از توسـعه اجتماعـی را نیـز بـرآورده می‌کنـد. هسـته اصلـی در مدل‌هـای پیـش بینـی و سیسـتم‌های کنترلـی ایـن نـوع کشـاورزی، بـر اسـاس داده‌هـای تاریخـی جمـع‌آوری شـده توسـط حسـگرهای اینترنـت اشـیاء اسـت. کشـاورزی تأسیسـاتی[1] در برخـی از کشـورهای پیشـرفته ماننـد آمریـکا، هلنـد و ژاپـن بـه صنعـت اصلـی تبدیـل شـده اسـت، کـه برجسـته‌ترین نمونـه آن گلخانـه هوشـمند اسـت. از حسـگرهای اینترنـت اشـیاء می‌تـوان بـرای پایـش و کنتـرل خـودکار پارامترهـای آب و هوایـی داخـل گلخانـه اسـتفاده کـرد. سنسـورها داده‌هـا را در زمـان واقعـی جمـع‌آوری و انتقـال می‌دهنـد، و اگـر مقادیـر پارامترهـا از شـرایط طبیعـی منحـرف شـوند، برخـی از عملیـات متوقـف یـا آغـاز می‌شـود، کـه بـه کاهـش هزینه‌هـا کمـک می‌کنـد. هـدف توسـعه کشـاورزی تأسیسـاتی، ایجـاد گلخانـه هوشـمند گیاهـان اسـت، کـه امـکان تولیـد مسـتمر و کارآمـد محصـول تحـت شـرایط کنتـرل شـده و در فضـای کامـلاً محصـور را بـه صـورت هوشـمندانه فراهـم می‌کنـد. عـلاوه بـر ایـن، رشـد محصـول را از محدودیت‌هـای جغرافیایـی آزاد می‌کنـد، چرخـه تولیـد محصـولات کشـاورزی را کوتـاه و کیفیـت محصـول و عملکـرد را بهبـود می‌بخشـد.

❖ **کشـاورزی قـراردادی[2]:** مدل جدیـدی از تولیـد و مدیریت کشـاورزی

1. Facility agriculture
2. Contract farming

است. با پیشرفت شهرنشینی در جهان، شکاف بین توسعه روستایی و شهری به تدریج در حال افزایش است. طبق آمار، در مناطق روستایی ۸۰٪ از مردم در سطح شدید فقر و ۷۵٪ در سطح متوسط زندگی می‌کنند. برای حل این مشکلات، کشاورزی قراردادی به اقتضای زمان ظهور نموده است. در این نوع کشاورزی، تقاضای تولید برخی از محصولات کشاورزی از سوی مشتری، از قبل به کشاورزان اطلاع داده می‌شود. که این امر خطرات کاشت و تولید را کاهش می‌دهد و از تولید کور جلوگیری می‌کند، به عبارت دیگر این نوع کشاورزی یک مدل جدید تولید بازار محور و بازاریابی موثر است که مدیریت زنجیره تأمین محصولات کشاورزی، قابلیت ردیابی ایمنی محصولات کشاورزی، تجارت محصولات کشاورزی، و موارد دیگر را در بر می‌گیرد. از فناوری IoT در ردیابی زنجیره تأمین مواد غذایی (به عنوان مثال، ردیابی مزرعه به چنگال) استفاده می‌شود که در فرآیند تحویل محصول به مصرف کننده نهایی، یک چارچوب اینترنت اشیاء برای ارزیابی طراوت میوه حین تجارت الکترونیکی دارد. این نوع کشاورزی، یک سیستم نظارت مبتنی بر اینترنت اشیاء برای ارائه اطلاعات مکان جغرافیایی در مورد ذخیره‌سازی و حمل و نقل مواد غذایی ایجاد می‌کند. شکل ۴ معماری کشاورزی مبتنی بر اینترنت اشیاء سبز را نشان می‌دهد که براساس چهار لایه بنا شده است: لایه سنسورهای کشاورزی؛ لایه مه؛ لایه هسته ؛ و لایه ابر.



شکل ۴. معماری کشاورزی مبتنی بر اینترنت اشیاء سبز.

همه راه‌حل‌های G-IoT مبتنی بر سنسور (سنسورهای ارزان و نصب آسان)، برنامه‌های کاربردی را به منظور نظارت و ارتباط از راه دور بصورت ۲۴ ساعته فراهم می‌کنند. پیش بینی می‌شود که با استفاده از مفهوم کشاورزی هوشمند، می‌توان تا سال ۲۰۳۰، معادل ۲ Gt دی اکسیدکربن از انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال جلوگیری کرد[1]. علاوه بر این، کشاورزی هوشمند مزایای اقتصادی و اجتماعی قابل توجهی، به همراه دارد،که پیش‌بینی می‌شود پی‌آمد این نوع کشاورزی تا سال ۲۰۳۰، ۱ میلیارد مگاوات صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ۸۹۷ کیلوگرم در هکتار افزایش در عملکرد زمین، کاهش ۱۶ درصدی انتشار گازهای خطرناک، ۲ میلیارد دلار درآمد مازاد برای شرکت‌های بخش کشاورزی خواهد بود و با کاهش مصرف آب، صرفه‌جویی در هزینه‌ها نیز می‌تواند به ۱۱۰ میلیارد دلار نیز برسد[2].

1. Maksimovic. 2018.
2. Maksimovic. 2018

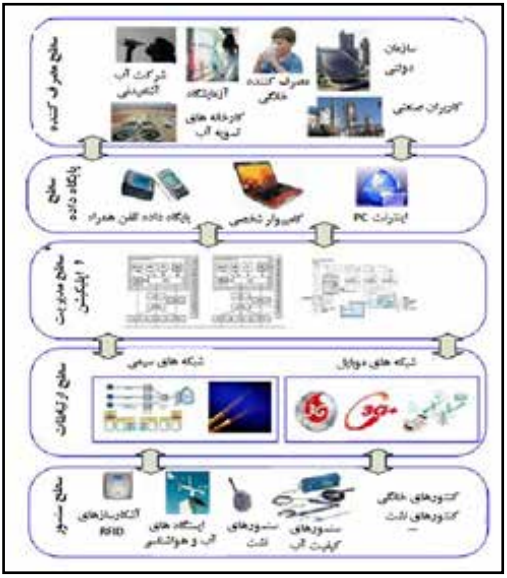
مدیریت آب

یکی از مهمترین چالش‌های توسعه پایدار دسترسی مطمئن به خدمات آب رسانی و بهداشتی است[1]. کمبود منابع آب در جهان، نیاز به مدیریت فوری و موثر این منبع طبیعی ارزشمند را نشان می‌دهد. فناوری‌های مجهز به ICT در بهبود مدیریت پایدار آب موثر بوده، و می‌تواند به حرکت به سمت ICTهای سبز و مفاهیم G-IoT منجر شوند. فناوری‌هایی مانند تصویربرداری ماهواره‌ای، نقشه برداری جغرافیایی و حسگرهای بی‌سیم، توانایی زیادی در مدیریت آب دارند. داده‌های جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شده در زمان واقعی، افراد، مشاغل و شرکت‌های آب را قادر می‌سازد تا پیش‌بینی‌ها، اقدامات پیشگیری، و تصمیمات را به گونه‌ای هوشمندانه انجام دهند[2]. مفهوم G-IoT نقش اصلی را در تغییر از رویه فعلی به یک رویه پایدارتر بازی خواهد کرد. حرکت به سوی اقتصاد سبز در مدیریت آب جهت افزایش سرمایه‌گذاری در تأمین و بهره‌وری موثر آب، نیازمند سیاست‌های پایدار مدیریت آب است. چشم‌انداز G-IoT می‌تواند به میزان قابل توجهی به صرفه‌جویی در مصرف آب، به ویژه در بخش‌های کشاورزی، انرژی، صنعت و همچنین در بخش ICT کمک کند.

در حال حاضر، در زمینه نظارت و کنترل آب با برخی مسائل روبرو هستیم. به عنوان مثال، سیستم‌های کنترلی مورد استفاده در شرکت‌های توزیع آب باید در یک منطقه جغرافیایی گسترده کار کنند. در سراسر جهان، شرکت‌های بزرگ تأسیسات آب با مشکل نشت و ترکیدگی لوله مواجه‌اند. اینترنت اشیاء می‌تواند یکی از مهمترین رویکردها جهت توسعه بهینه سیستم‌های مدیریت آب و کارآمد نمودن نحوه مصرف منابع آب باشد. اینترنت اشیاء جهت نظارت و کنترل آب،

1. ITU. 2010.
OECD.2009.
2. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/.

قادر به جمع‌آوری داده‌ها از چندین دستگاه، تجزیه و تحلیل این داده‌ها و ارسال داده‌ها یا نتایج حاصل از پردازش آن‌ها به برنامه‌های مختلف یا سایر دستگاه‌ها می‌باشد. با در نظر گرفتن فناوری فوق الذکر، یک معماری مبتنی بر اینترنت اشیاء برای نظارت و کنترل آب پیشنهاد شده است (شکل ۵) . این معماری به چندین سطح تقسیم شده است: سطح حسگر، سطح ارتباطات، سطح مدیریت و برنامه، سطح پایگاه داده و سطح کاربر. سطح حسگر که شامل دستگاه‌های مختلف میدانی است، برخی از آن‌ها دارای قابلیت‌های محاسباتی و ارتباطی هستند، برخی از دستگاه‌ها می‌توانند به عنوان محرک عمل کنند و بر اساس شرایط محلی یا یک فرمان از راه دور، اقدامات مناسب را شروع کنند. در صورت متمرکز بودن این دستگاه‌ها می‌توان از استانداردهای مختلفی مانند،ProfiNet ، CAN Modbus، برای اتصال آن‌ها استفاده کرد.



شکل۵. معماری اینترنت اشیاء در مدیریت آب

سطح ارتباطات برای اینترنت اشیاء بسیار مهم است. این سطح شامل شبکه‌های سیمی (xDSL ، فیبرهای نوری) و شبکه‌های تلفن همراه (3G ،GPRS +،3G) است. در این سطح باید جنبه‌های امنیتی و حریم خصوصی مورد بررسی قرار گیرند. سطح بعدی شامل ابزارهای نرم‌افزاری هوشمندی است که برای مدیریت، کنترل و کار با دستگاه‌های اینترنت اشیاء استفاده می‌شود. این سطح می‌تواند شامل چارچوب‌ها، میان افزارها، برنامه‌های نظارت و کنترل آب، باشد. برخی از برنامه‌ها باید جهت مدل‌سازی فرآیندهای تأمین آب طراحی شوند. به عنوان مثال می‌توان مدلی را برای تخمین میزان مصرف در فرایند رهاسازی آب جهت دستیابی به اهداف عملیات توزیع آب طراحی کرد. علاوه بر این، فناوری چند عاملی می‌تواند مزایای مهمی در هنگام استفاده و طراحی و به کارگیری برنامه‌ها در این سطح به همراه داشته باشد. سطح پایگاه داده، شامل دستگاه‌های مختلفی است که کاربران در سطح کاربر استفاده می‌کنند. به طور کل، اینترنت اشیاء در زمینه پایش و کنترل آب بسیار توانمند بوده است. رویکرد اینترنت اشیاء می‌تواند با بهره‌گیری از هوشمندسازی در زمینه آب و فاضلاب، باعث بهبود بهره‌وری اقتصاد و ارتباط با مشتریان شود. اینترنت اشیاء به دلیل وجود سنسورهای فراگیر و سیستم‌های متصل، اطلاعات و قابلیت کنترل بیشتری را در اختیار مقامات مربوطه قرار می‌دهد تا بتوانند مسائل مربوط به نشت و سرقت را نیز شناسایی و رفع کند.[1]

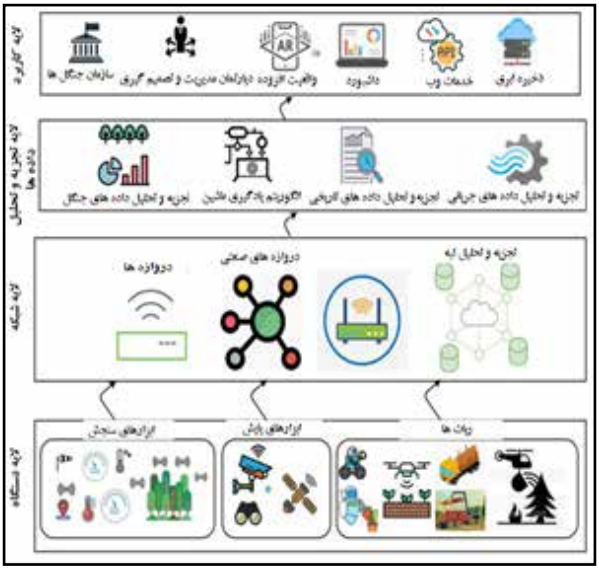
1. Buchalcevova& Gala.2012.

جنگلداری

صنعت جنگلداری، از گذشته تا کنون، دستخوش تغییرات تکنولوژیکی بوده است. جنگل‌ها با ذخیره کربن و همچنین تبادل گازهای گلخانه‌ای بین جو، خاک، و پوشش گیاهی به طور قابل توجهی تغییرات آب و هوایی را تحت کنترل قرار می‌دهند. از این رو، اقدامات جهت کاهش جنگل‌زدایی و افزایش جنگل‌کاری، نه تنها یک انتخاب نبوده، بلکه ضرورتی مهم است.[1] سیستم پایش بی‌سیم جنگل مبتنی بر اینترنت اشیاء می‌تواند اطلاعات رشد و محیط اطراف درختان را به طور مداوم و دقیق جمع‌آوری و کنترل معقول و دقیق آنها را انجام دهد. به عبارت دیگر، حسگرهای به کار رفته و سیستم‌های هوشمند، داده‌های نظارت بر جنگل را با وضوح بالا شناسایی و به صورت بی‌سیم یا از طریق یک شبکه تلفن همراه، به یک پایگاه داده آنلاین تحویل می‌دهند و به روزرسانی‌ها در زمان واقعی را فراهم می‌کنند. تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها، ضمن بینش بهتر در مورد رشد درختان، تأثیر شرایط آب و هوایی، آفات و بیماری‌ها، همچنین به پیش‌بینی‌های هوشمندانه، اقدامات هشدار دهنده، و پیشگیری سریع کمک می‌کند. به عنوان مثال، هنگام آتش سوزی در جنگل، آتش نشانان می‌توانند داده‌های مربوط به سرعت و جهت گسترش آتش را در زمان واقعی دریافت کنند و با شیوه‌ای مناسب در این شرایط عمل کنند. در کنار منابع جنگلی و مدیریت آنها، فناوری‌های مجهز به ICT به طور قابل توجهی می‌توانند در سایر بخش‌های زنجیره جنگل-چوب مانند برداشت، حمل و نقل، فرآوری، تولید و بازیافت دخالت کنند. در مقایسه با

1. Andreopoulou, 2012.

ICT و IT، IoT و G-IoT سبز این قابلیت را دارند که میزان انتشار کربن را بسیار بیشتر کاهش دهند، منابع طبیعی را حفظ کنند و با پیش‌بینی‌ها و تصمیمات هوشمندانه، بخش زنجیره جنگل - چوب را نیز پایدار نگه دارند. بخش جنگل محور، نقشی اساسی در حرکت به سمت اقتصاد سبزتر و جامعه پایدارتر دارد. بنابراین، افرادی که در بخش جنگل سرمایه‌گذاری می‌کنند، سرعت حرکت به سوی اقتصاد سبز را تسریع می‌کنند.



شکل ۶ .معماری مدیریت جنگل مبتنی بر اینترنت اشیاء سبز

شیلات

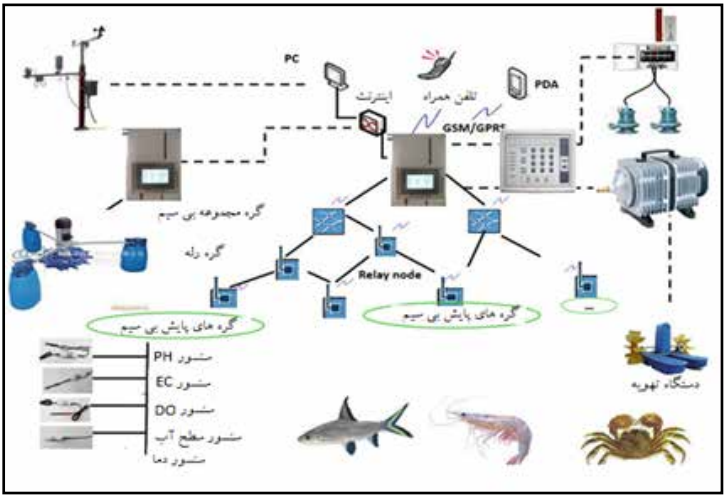
آبزی پروری به طور خودکار، نیاز به پشتیبانی راه‌حل‌های ICT دارد.

1. Buchalcevova& Gala.2012.

سنسورهای هوشمند برای نظارت بر کیفیت آب، نظارت بر رفتار ماهی و تجهیزات، کنترل خودکار و مدیریت اطلاعات، مدیریت تأسیسات و تشخیص عیب، تدارکات و ردیابی کیفیت محصولات شیلاتی، منجر به هوشمندی و پایداری آبزی پروری می‌شود. علاوه بر این، با توجه به اینکه ظرفیت تولید در شیلات و آبزی پروری مستقیماً به محیط زیست طبیعی بستگی دارد، پتانسیل G-IoT برای محافظت و بازیابی اکوسیستم‌های طبیعی، از طریق سیستم‌های نظارت از راه دور و اقدامات پیشگیرانه، آن را به ابزاری مهم برای بهبود این بخش تبدیل نموده است. به عبارت دیگر، G-IoT همراه با شبکه حسگر بی‌سیم توزیع شده در مقیاس بزرگ، کم مصرف، و کم هزینه برای پرورش آبزیان و شیلات، این پتانسیل را دارد که بتواند از راه دور پویایی و کیفیت آب را کنترل کند. استقرار شناورهای پر از سلول که در بالای واحدهای پرورش آبزی پروری شناور هستند، اطلاعات مربوط به شوری آب، دما و میزان رشد غذاهای دریایی را جمع‌آوری نموده و سپس داده‌ها را برای تصمیم گیری و اقدامات کافی به منبع می‌فرستد.[1] با کمک سنسورها و اینترنت اشیاء می‌توان به راحتی مقادیر و نوع گونه های ماهی صید شده را کنترل کرد و از این طریق مقررات صید را تنظیم نمود. علاوه بر این، G-IoT می‌تواند در نظارت بر رفتار ماهی، تجهیزات و مدیریت تأسیسات، تدارکات و قابلیت ردیابی ماهی و ... ، بسیار موفقیت آمیز باشد. صرف نظر از کاربرد، می‌توان بر اساس داده‌های جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شده، پیش‌بینی‌های هوشمند، هشدارهای زودهنگام، تصمیمات دقیق تغذیه‌ای و سایر روش‌های کنترل خودکار را انجام داد (شکل ۷).

1. OECD. 2015.

پیش بینی می‌شود که G-IoT با محصولات ارزان‌تر، عمر مفید بیشتر، هزینه‌های عملیاتی کمتر، کاهش مصرف انرژی، استفاده آسان و گسترده بدون تأثیر یا حداقل تأثیر بر محیط زیست، به طور قابل توجهی پرورش آبزیان و شیلات را بهبود بخشد، و عرضه تقاضای ماهی در سراسر جهان را برآورده نماید. با این حال، بسیاری از رویکردهای نوآورانه در بخش‌های شیلات و آبزی پروری و سبزتر کردن آن، مداخله عمومی را از طریق تحقیقات و توسعه و جهت‌دهی هزینه‌های عمومی برای تقویت مدیریت شیلات می‌طلبد.



شکل ۷. IoT در پرورش آبزیان

تأمین انرژی / انرژی تجدید پذیر

در مسیر اقتصاد سبز و توسعه پایدار، بخش انرژی از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین، محققان و همچنین دولت‌ها علاقه مندی

زیادی به پایدارترسازی بخش انرژی دارند. اتحادیه اروپا اهداف چالش برانگیزی را تا سال ۲۰۲۱ تعیین کرده است[1]:

- کاهش انتشار کربن تا ۲۰٪؛
- افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در استفاده از انرژی به ۲۰٪.
- صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در مصرف انرژی در اتحادیه اروپا.

فناوری اطلاعات و ارتباطات عامل مهمی در ایجاد یک سیستم انرژی جهانی انعطاف پذیر، قابل اعتماد و ایمن است. با کمک ICTها می‌توان ضمن بهبود بهره‌وری انرژی در شبکه‌ها، به کربن‌زدایی بخش انرژی سرعت بخشید. استفاده از شبکه‌های هوشمند، منجر به تعادل بهتر بین عرضه و تقاضای انرژی می‌شود[2]. با به کارگیری شیوه‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی در حین تولید و عملکرد مولفه‌های G-IoT، به میزان قابل توجهی در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود. به عنوان مثال، جایگزینی محصولات با خدمات آنلاین، روش‌های جدید کاری (دورکاری و ویدیو کنفرانس) و کشف قابلیت استفاده از این ابزارهای سبز و تأمین انرژی از منابع تجدیدپذیر، بهبود قابل توجهی در بهره‌وری انرژی ایجاد می‌کند و بنابراین هزینه‌ها و تأثیر منفی را بر محیط زیست کاهش می‌دهد. اجزای G-IoT همراه با سیستم مدیریت خودکار انرژی مبتنی بر Cloud باعث بهبود بهره‌وری انرژی و در نتیجه کاهش انتشار کربن می‌شوند. با کمک دستگاه‌های هوشمند، حسگرها و کنتورهای هوشمند، و تجزیه و تحلیل پیشرفته کلان داده‌ها، می‌توان ضمن پیش‌بینی میزان مصرف، میزان قطعی برق را کاهش داد و بر دارایی‌ها نیز نظارت نمود. استفاده از راه‌کارهای

1. Stollenmayer,2011.
2. Vijayapriya & Kothari, 2011.

افزایش انگیزه برای سرمایه‌گذاری بر روی انرژی‌های تجدیدپذیر، بر اساس مفهوم اقتصاد سبز، نقش اساسی در سیاست‌گذاری دولت دارد، از منظر پایداری، بخش انرژی مبتنی بر ICT هوشمند می‌تواند منجر به مزایای قابل توجه زیست محیطی شود و تا ۶/۳ میلیارد مگاوات صرفه‌جویی در مصرف انرژی به همراه داشته باشد. از مزایای دیگر می‌توان به ۷۰۰ ,۰۰۰ کیلومتر صرفه‌جویی در شبکه، ۸۱۰ میلیارد دلار درآمد مازاد، دسترسی جهانی به انرژی، کاهش هزینه‌ها، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بهبود خدمات به مشتری، کاهش زمان قطعی و افزایش قابلیت اطمینان اشاره نمود[1].

صنعت / ساخت

اینترنت اشیاء، به عنوان ترکیبی از ماشین‌های هوشمند، مواد و محصولات و استفاده بهینه از داده‌های جمع‌آوری شده، می‌تواند با افزایش بهره‌وری، کیفیت و انعطاف‌پذیری تولید در کارخانه‌های سنتی را افزایش دهد و همزمان، مصرف انرژی، منابع و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد[2]. با علم به اینکه تولید در صنایع، انتشارهای متنوعی در هنگام تغییر انرژی دارد، سبز شدن صنعت به طراحی روش‌های تولید مجدد و حتی بازیافت نیاز دارد، تا منجر به افزایش بهره‌وری، طولانی شدن عمر مفید کالاهای تولید شده و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای شود.

نویسندگان معماری IIoT (اینترنت اشیاء صنعتی) کم مصرف را شامل دامنه موجودیت‌های حسی (معماری سه لایه: لایه حس، لایه gateway و لایه کنترل)، شبکه‌های میزبان سرویس RESTful، سرور

1. Maksimovic. 2018.
2. GeSi. 2015.

Cloud و برنامه‌های کاربردی می‌دانند. این ساختار از طریق منع ارتباط مستقیم بین دو گره حسگر، ایجاد گره‌های دروازه‌ای به عنوان گره‌های رله‌ای، اجرای یک برنامه زمانبندی خواب و بیدار شدن، باعث صرفه‌جویی در انرژی و افزایش طول عمر کلی سیستم می‌شود. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰، چهارمین انقلاب صنعتی، یعنی IIoT، کارخانه‌های سنتی را به کارخانه‌های خودسازمانده، خود نگهدارنده و انعطاف پذیر تبدیل کند. نوآوری‌هایی مانند شبکه‌های تولید مجازی، تولید کاربر محور، چاپ سه بعدی، زنجیره تأمین دایره‌ای و خدمات هوشمند، نشانی از آینده صنعت در بخش تولید هستند. G-IoT می‌تواند به نظارت، مدیریت، بهینه‌سازی و هماهنگی تولید و استفاده از کالاها و خدمات کمک کند. با این حال، مقررات وضع شده توسط دولت و قیمت‌گذاری نقش اساسی در پایدارتر شدن صنایع دارد و استقرار و توسعه صنعت سبز نیاز به حمایت کلیه ذینفعان ملی و یا بین المللی دارد.[1] به طور کل، هوشمند سازی صنعت و ایجاد صنعت سبز، کمیت و کیفیت تولید را افزایش، هزینه‌ها، انرژی و استفاده از منابع طبیعی را کاهش و اثرات زیست محیطی را به حداقل می‌رساند.

پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰، با استفاده از راه‌حل‌های تولید هوشمند، ۴/۲ میلیارد مگاوات صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ۸۱ میلیارد لیتر صرفه‌جویی درمصرف آب، معادل با ۱۲/۰۸ Gt کاهش در انتشار CO_2، و سود اقتصادی قابل توجه (۱۱/۹ میلیارد دلار در سال) حاصل گردد.[2]

1. Maksimovic,& Gavrilovic, 2016.
2. GeSi. 2015.

مدیریت پسماند

در سراسر جهان، زباله‌های الکترونیکی رشد سریعی (۳تا ۵ درصد در سال) داشته که منجر به نگرانی‌های جهانی شده است، اما در عین حال، این بخش، یکی از کنترل پذیرترین قسمت‌های جریان زباله می‌باشد. سبز کردن این بخش به معنای استفاده از فناوری‌ها یا روش‌هایی برای کاهش و حذف آلاینده‌ها در محیط زیست، جمع‌آوری و استفاده مجدد یا بازیافت زباله‌ها، و تبدیل آن‌ها به منابع با ارزش است. مهم‌ترین مسئله در بخش پسماند، رفع چالش‌های رو به رشد زباله‌های الکترونیکی و افزایش میزان بازیافت آنها است. بازیافت زباله‌های الکترونیکی منجر به از بین بردن اثرات منفی زیست محیطی، حفظ منابع، کاهش مصرف انرژی و توسعه اقتصادی می‌شود. اکثر شرکت‌ها در سراسر جهان (به عنوان مثال، Sutera ، Bigbelly ، Compology ،Enevo و ...) برای مدیریت کارآمدتر زباله‌ها، سیستم‌های IIoT را نصب کرده اند.[1]

راه‌حل‌های مبتنی بر ابر، داده‌ها را از سنسورهای بی‌سیم (به عنوان مثال GPS - سیستم موقعیت یابی جهانی، دستگاه‌های هوشمند، برچسب‌های RFID) جمع‌آوری و جریانی از اطلاعات راجع به محل کامیون زباله و ازدحام ترافیک ارائه می‌دهد. با انتقال اطلاعات به دست آمده، شرکت‌های مدیریت پسماند می‌توانند با تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده، ضمن پیش‌بینی، خدماتی که ارائه می‌دهند را نیز بهینه‌سازی نمایند (به عنوان مثال، بهینه‌سازی مسیرکامیون‌های زباله و زمان جمع‌آوری سطل‌های زباله). بدیهی است که به روزرسانی راه‌حل‌های اینترنت اشیاء مبتنی به G-IoT،

1. Musulin, 2015.

منجر به بهبود مدیریت پایدار و مقرون به صرفه پسماند و مزایای مستقیم و غیرمستقیم دیگری در دفع زباله خواهد شد.

برخی از مزایای اقتصادی موجود و مورد انتظار بازیافت زباله‌های الکترونیکی عبارتند از:

- بازدهی انرژی و حفاظت از مواد طبیعی گران بها، حیاتی، و کمیاب (به عنوان مثال طلا، نقره، پلاتین و مس، آلومینیوم و آهن). با بازیافت زباله‌های الکترونیکی تا ۷۰ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود که صرفه‌جویی در هزینه‌ها و منابع انرژی گرانبها را نیز در پی دارد.
- محصولات الکترونیکی که نوسازی و تعمیر می‌شوند، در مقایسه با محصولات کاملاً جدید، مقرون به صرفه و راحت تر به نظر می‌رسند.
- شرکت‌های بازیافت زباله‌های الکترونیکی فرصت‌های شغلی بیشتری ایجاد و اقتصاد را تقویت می‌کنند.

بخش سوم

بخش سوم

چالش‌ها و مسائل در IOT سبز

با وجود تلاش‌های تحقیقاتی قابل توجه در زمینه اینترنت اشیاء، به دلیل ساختار پیچیده و تجدید مسائل، هنوز برخی از چالش‌های اساسی برای دستیابی به اینترنت اشیاء سبز پایدار وجود دارد. چالش‌های مربوط به IoT سبز به چهار دسته اصلی طبقه بندی می‌شوند: فنی؛ عدم استانداردسازی؛ حفاظت از حریم خصوصی و امنیت اطلاعات؛ و حکمرانی و قانونگذاری[1].

۱-چالش‌ها و مسائل فنی : برخی از چالش‌های اساسی از دیدگاه فنی، در شکل ۸ ذکر شده است.

شکل ۸. چالش‌ها و مسائل فنی در اینترنت اشیاء سبز

1. Mehmet & Ramona, 2020.

• معماری IoT سبز- جهت برقراری ارتباط کارا از نظر انرژی میان اشیاء و دستگاه‌های مختلف، یک معماری استاندارد مانند OSI یا TCP / IP مورد نیاز است. به این ترتیب، نه تنها دستگاه‌ها بلکه پروتکل‌ها و برنامه‌های کاربردی که ارائه می‌شوند، از نظر انرژی کارآمد خواهند بود. بنابراین، وجود یک معماری IoT با محوریت سبز، که اتصال اشیاء، آدرس‌دهی، شناسایی و همکاری میان آن‌ها را در میان نهادهای مختلف مدیریت کند، یک چالش تحقیقاتی است.

• زیرساخت‌های سبز - یکی از بزرگترین چالش‌ها در الگوی IoT سبز، طراحی و استقرار زیرساخت‌های کم مصرف و هوشمند از نظر مصرف انرژی است که متشکل از دستگاه‌های مختلف با طول عمر بسیار زیاد بدون نیاز به باتری یا با مصرف برق کم است.

• مدیریت طیف سبز - طیف RF، که برای انتقال یا دریافت داده‌ها از طریق شبکه‌های بی‌سیم یا تلفن همراه مورد نیاز است، از نظر منطقی متراکم و نیاز به انرژی مصرفی زیاد دارد. اگرچه رویکردهای مختلف رادیویی شناختی در زمینه بهره‌وری انرژی ICT محور در ادبیات ارائه شده است، اما به راه‌حل‌های جدیدی که فقط بر IoT سبز تمرکز دارند، نیاز است.

• ارتباطات و اتصالات سبز- تاکنون ارتباط میلیاردها شیء و دسترسی این اشیاء به اینترنت از طریق اینترنت اشیاء محقق شده است. اگرچه این ارتباط، راه‌حل‌های پیشنهادی زیادی را همراه با تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده توسط این اشیاء امکان پذیرکرده است، اما ارتباط صدها شیء در شبکه یا میلیون‌ها

شیء در چندین شبکه به دلیل مسائلی از جمله تصادم درونی، تأخیر انتقال و عدم توانایی ورود دستگاه‌ها به حالت خواب، با مصرف زیاد انرژی همراه است. در این زمینه، رویکردهای اتصالی و ارتباطی IoT سبز محور که از فناوری‌های مختلف دسترسی با سیم و بی‌سیم در یک شبکه واحد استفاده می‌کنند، چالش برانگیز است.

• قابلیت همکاری - از آنجا که هنوز هیچ استانداردی در مورد اینترنت اشیاء وجود ندارد، تمرکز راه‌حل‌های ارائه شده در ادبیات بر مبنای طراحی‌های خود بوده است. با این وجود، ناهمگنی زیاد در حوزه فیزیکی، شبکه‌ای و کاربردی این راه‌حل‌ها منجر به پیشنهاد معماری‌های مختلف، می‌شود که در نهایت منجر به محدودیت قابلیت همکاری بین راه‌حل‌ها و پروژه های پیشنهادی می‌شود. به طور کل، تا قبل از تدوین و انتشار هرگونه پیش نویس استانداردسازی، ارائه راه‌حل‌های قابلیت همکاری چند لایه مبتنی بر IoT سبز، چالش برانگیز خواهد بود.

• پیچیدگی و مقیاس پذیری - راه‌حل‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء، طیف گسترده‌ای از اشیاء را قادر به ارتباط نموده و باعث افزایش پیچیدگی می‌شود. در این زمینه، ساده سازی طراحی و گسترش اینترنت اشیاء، ضمن در نظر گرفتن بازده انرژی، چالش برانگیز است. به روشی مشابه، مقیاس پذیری مسئله دیگری است، زیرا اشیاء ثابت یا سیار زیادی به شبکه‌ها متصل می‌شوند.

• سازگاری با منابع انرژی طبیعی - اگرچه هزینه تعمیر و نگهداری یک دستگاه IoT شامل هزینه خود دستگاه، نیروی کار، و هزینه‌ای

است که به دلیل خرابی سیستم ایجاد می‌شود، اما بیشترین هزینه به انرژی و منابع مصرفی در طول عمر دستگاه بر می‌گردد[1]. در این زمینه، انطباق موثر منابع انرژی طبیعی با اینترنت اشیاء مانند باد، خورشید، حرارت و ارتعاش، موضوعی نویدبخش است. اما، ممکن است تأمین برق مداوم دستگاه‌هایی که از منابع انرژی طبیعی استفاده می‌کنند، همیشه امکان پذیر نباشد. در نتیجه، ارائه راه‌حل‌هایی در سطح سیستم برای این که دستگاه‌ها در صورت قطعی برق از انعطاف پذیری و قابلیت اطمینان برخوردار باشند، لازم است.

• مدیریت انرژی- از نظر بهره‌وری انرژی در اینترنت اشیاء، مدیریت انرژی نیز یکی از چالش‌ها است، زیرا دستگاه‌های اینترنت اشیاء همیشه نمی‌توانند انرژی خود را تولید کنند و یا همیشه به منبع انرژی نزدیک نیستند. اکثر دستگاه‌های اینترنت اشیاء برای جمع‌آوری، نظارت و تجزیه و تحلیل داده‌ها به طور مداوم به انرژی نیاز دارند. مصرف انرژی اشیاء در دامنه شبکه به عوامل مختلفی بستگی دارد، از جمله اینکه این اشیاء چه مدتی بطور مداوم بیدار خواهند ماند و در چه فاصله زمانی داده‌ها را ارسال یا دریافت می‌کنند. به طور خلاصه، با مدیریت مناسب انرژی که نه تنها خود جسم بلکه دامنه‌ای از کل شبکه را در نظر بگیرد، می‌توان امید به زندگی اشیاء را افزایش داد.

• راه‌حل‌های میان نرم افزاری- سطح نرم افزار در اینترنت اشیاء ناهمگنی بالایی را نشان می‌دهد. بنابراین، ادغام اشیاء یا دستگاه‌ها با نرم افزارهایی مانند برنامه‌ها و سرویس‌های

1. Mehmet & Ramona, 2020.

وب، نیاز به راه‌حل‌های میان افزاری دارد. با این حال، توسعه برنامه‌های کاربردی در دنیای واقعی که در آن داده‌های ناهمگن مربوط به اینترنت اشیاء با داده‌های سنتی ادغام می‌شوند، برای صنایع مختلف چالش برانگیز است.

• تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها- از آنجا که اینترنت اشیاء بیشتر بر روی یک محیط ICT سنتی ساخته شده است و تحت تأثیر تمام چیزهایی است که به شبکه متصل هستند، ادغام اینترنت اشیاء در سیستم‌های IT موجود یا یک زیرساخت اطلاعاتی واحد، نیاز به تلاش بیشتری دارد. علاوه بر این، تعداد زیادی از اشیاء متصل به اینترنت، مقدار زیادی جریان داده در زمان واقعی تولید می‌کنند، که این داده‌ها به صورت خام بی معنی هستند، مگر اینکه به روشی کارآمد، درک و تحلیل شوند. با این حال، به دست آوردن اطلاعات ارزشمند از داده‌های گسترده جمع‌آوری شده از طریق شبکه‌های مختلف و فناوری‌های ارتباطی، به مهارت قوی در تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها نیاز دارد، که می‌تواند برای کاربران نهایی چالش برانگیز باشد.

۲-عدم استاندارد سازی

یکی از مهمترین نگرانی‌ها جهت توسعه و استقرار بیشتر اینترنت اشیاء در مقیاس بزرگ، استانداردسازی است. با استانداردسازی، ارائه دهندگان خدمات و کاربران جدید راحت‌تر و سریع‌تر وارد بازار اینترنت اشیاء می‌شوند. علاوه بر این، انتظار می رود، استانداردسازی باعث پیشرفت همکاری بین فروشندگان و ارائه دهندگان برنامه‌ها

شـود. اگرچـه راه‌حل‌هایـی از سـوی دانشـگاهیان، صنعـت، و سیاسـت گذارانـی ماننـد جوامـع علمـی، سـازمان‌های اسـتاندارد اروپـا، موسسـات استانداردسـازی و اتحادیه‌هـای جهانـی ارائـه شـده اسـت، امـا هنـوز هیـچ اسـتاندارد مرجـع جهانـی در رابطـه بـا اینترنـت اشـیاء و بـه ویـژه در ارتبـاط بـا محیـط زیسـت وجـود نـدارد. بـه دلیـل عـدم وجـود اسـتاندارد مرجـع، توسـعه دهنـدگان اینترنـت اشـیاء، بسـته بـه نیـاز و مهـارت فروشـندگان پروتکل‌هـا یـا سـخت افزارهـای خـاص آن‌هـا را پیـاده سـازی می‌کننـد، سـپس راه‌حل‌هـای پایـان بـه پایـان را طراحـی می‌کننـد کـه بیشـتر منجـر بـه ورود محصـولات ناکارآمـد و نامطلـوب در بـازار می‌شـود. اگرچـه وجـود یـک پلتفـرم اسـتاندارد چنـد لایـه اینترنـت اشـیاء بسـیار ضـروی اسـت، امـا از آنجاییکـه تعـداد زیـادی از فروشـندگان دسـتگاه‌ها، شـبکه‌ها و فناوری‌هـای ارتباطـی، و پلتفرم‌هـای نرم‌افـزاری، بـرای کسـب سـهم در بـازار اینترنـت اشـیاء بـا هـم رقابـت می‌کننـد، استانداردسـازی اینترنـت اشـیاء موضوعـی کامـلاً چالـش برانگیـز اسـت. در ایـن زمینـه، بهـره‌وری انـرژی، تعامل‌پذیری،کنتـرل دسترسـی، معناشناسـی، امنیـت و حریـم خصوصـی برخـی از مهم‌تریـن چالش‌هـا در استانداردسـازی اینترنـت اشـیاء هسـتند. بررسـی تمـام مـوارد فـوق الذکـر بـا در نظـر گرفتـن بـازده انـرژی و انتشـار اسـتاندارد IoT سـبز، منجـر بـه پایـداری می‌شـود.

۳- حفاظت از حریم خصوصی و امنیت اطلاعات

اسـتفاده فراگیـر از راه‌حل‌هـای مختلـف اینترنـت اشـیاء عمدتـاً بـه اعتبـار اینترنـت اشـیاء در امنیـت اطلاعـات و حفاظـت از حریـم خصوصـی داده‌هـا بسـتگی دارد. امنیـت یکـی از نگرانی‌هـای عمـده بـرای اینترنـت

اشیاء است. از آنجا که امنیت باید در مراحل اولیه طراحی مورد توجه قرار گیرد و بیشتر به عنوان یک گزینه اختیاری برای یک سیستم به نظر می‌رسد، ایجاد چارچوب اینترنت اشیاء ایمن و کارآمد یک وظیفه چالش برانگیز است که هنوز توجه کافی به آن نشده است. اینترنت اشیاء هم شامل اشیاء مقید به منبع[1] و سرورهای با سطح بالای داده است، بنابراین بهره‌برداری از معاملات برای ارائه یک پلتفرم اینترنت اشیاء امن و سبز در میان اشیاء یا دستگاه‌های ناهمگن بسیار ضروری است. علاوه بر این، حفظ حریم خصوصی در اینترنت اشیاء نیز یک نگرانی عمده است زیرا داده‌های متعددی مانند اطلاعات شخصی و خصوصی می‌توانند از طریق چندین شبکه مرتبط در سیستم اینترنت اشیاء جمع‌آوری، نظارت و تجزیه و تحلیل شوند. عمده مسائل مربوط به حریم خصوصی کاربران، هنگام جمع‌آوری (چه نوع داده خصوصی جمع‌آوری می‌شود؟)، استفاده از سرویس‌ها (ارائه دهندگان مجاز به دسترسی و استفاده از چه نوع داده هستند؟) و ذخیره‌سازی (کجا و چه مقدار داده ذخیره می‌شوند؟) بر می‌خیزد. لازم به ذکر است در حالی که فناوری‌های امنیتی شبکه مبتنی بر ICT می‌توانند زمینه‌ای برای حفظ حریم خصوصی و امنیت در اینترنت اشیاء فراهم کنند، برخی از مسائل مربوط به حریم خصوصی IoT محور، مانند تعریف حریم خصوصی و تفسیر قانونی هنوز نامشخص هستند و به صراحت در اینترنت اشیاء تعریف نشده است.

1. Resource constrained objects

۴- حکمرانی و قانون‌گذاری

یکی از اصلی ترین موانع پذیرش فراگیر الگوی اینترنت اشیاء، نبود حکمرانی است. از آنجا که اینترنت اشیاء نه تنها گسترش اینترنت امروزی بلکه شبکه‌ای از ساختارهای مستقل و قابل تعامل را در بر می‌گیرد، مدل‌های حکمرانی اینترنت برای اجرای اینترنت اشیاء کاملا» مناسب نیستند. ایجاد یک مفهوم اینترنت اشیاء واقعی در سطح جهانی، که توسط دولت‌ها، شرکت‌ها و کاربران به رسمیت شناخته شده باشد، بدون داشتن یک مرجع حاکمیتی مستقل غیرممکن است. با این حال، حکمرانی در اینترنت اشیاء یک کار چالش برانگیز است که نیاز به شفافیت، پاسخگویی و درج افکار عمومی دارد. علاوه بر این، با توجه به مقاومت‌ها و شکست‌هایی که RFID[1]، «سابقاً در اولین انتشار،کارت های بهداشتی الکترونیکی و بارکدها» به دلیل ترس احتمالی مردم از سوء استفاده از اطلاعاتشان، با آن مواجه شدند، سیاست‌های همراستا با این فناوری‌ها باید به گونه‌ای باشند که شهروندان به فناوری‌های جدید اعتماد کرده و زندگی در محیط اینترنت اشیاء را بپذیرند. بنابراین نیاز به یک مدل حکمرانی مناسب اینترنت اشیاء است که در آن کل بازیگران و مسئولیت‌های آنها به وضوح مشخص شده باشد و امنیت و حریم خصوصی را در کل چرخه زندگی داده‌ها (جمع‌آوری، مسیریابی به ابر، ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل) تضمین نماید. علاوه بر این، اینترنت اشیاء همچنین باید توسط قوانین محافظت شود. در این زمینه، برخی از دولت‌ها، اخیراً قوانینی مبتنی بر اینترنت اشیاء برای حمایت از کاربران صادر کرده‌اند مانند انتشار «Code of Practice for Consumer IoT Security»

1. Radio Frequency Identification

در انگلیس، که مسئولیت‌های اساسی جهت امنیت و حفاظت از حریم خصوصی در داخل زنجیره ارزش و قوانین جدید در کالیفرنیا را مشخص می‌کند که تولیدکنندگان را مجبور کرده تا از ژانویه ۲۰۲۰، برای ایجاد رمزهای پیش فرض منحصر به فرد به جای رمزهای عبور مشابه، برای هر دستگاهی که تولید می‌کنند، برنامه ریزی کنند.

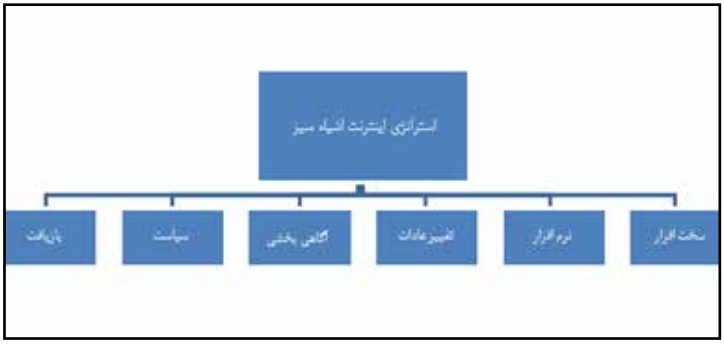
بخش چهارم

بخش چهارم

از بخت آزمایی تا اینترنت اشیاء سبز: دروس آموخته شده

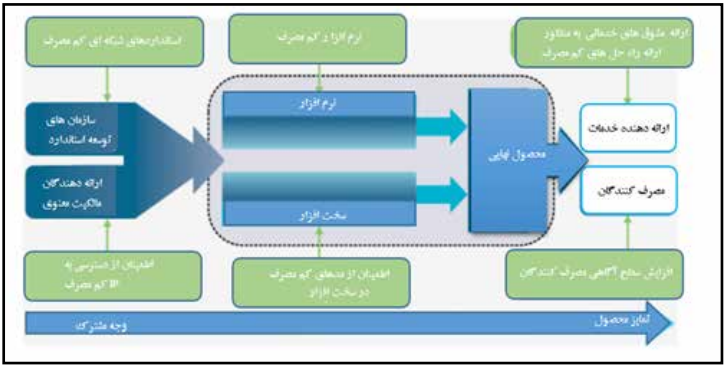
در این بخش، بازیگرانی که جهت استقرار و مدیریت پایدار اینترنت اشیاء سبز کارآمد باید ایفای نقش کنند مشخص و توصیه‌های کلیدی که به تسهیل الگوی اینترنت اشیاء سبز کمک می‌کند، ارائه می‌شود.

همانطور که در بخش‌های پیشین شرح داده شد، پیاده‌سازی G-IoT با اتخاذ استراتژی‌های مختلف تحت طبقه‌های نشان داده شده در شکل ۹، قابل دستیابی است.



شکل ۹. استراتژی اینترنت اشیاء سبز

بازیگـــران و نقش‌هـــای آنهـــا: دســتیابی بــه یــک محیــط اینترنــت اشــیاء پایــدار بــا بهــره‌وری انــرژی، مســتلزم یــک تــلاش متحــد در مقیــاس وســیع اســت، کــه شــامل هــم بازیگــران فنــی و هــم غیــر فنــی ماننــد سیاســت گــذاران، توســعه دهنــدگان و مصــرف کننــدگان اســت. از آنجــا کــه همــه بازیگــران ایــن زنجیــره ارزش نقــش خاصــی بــرای کمــک بــه پیــاده ســازی IoT ســبز دارنــد، هماهنگــی جهانــی بــه منظــور تحقــق یــک برنامــه اســتراتژیک گســترده کــه ســودمندی تمــام تلاش‌هــا را تضمیــن کنــد، حیاتــی اســت(شــکل ۱۰).



شکل ۱۰. بهره‌وری انرژی در طول زنجیره ارزش ICT

1. India›s Information Technology Act of 2000 (IT Act)
2. the Polish Penal code
3. http://www.legislature.mi.gov/documents/2018-2017/publicact/pdf/-2018PA0457-.pdf.

جدول۱. بازیگران و اقداماتی که برای دستیابی به IoT سبز باید دخیل شوند.

بازیگران	اقدامات	مرحله	تأثیر
سیاست گذاران	به کارگیری ابزارهای سیاسی جهت تشویق سایر بازیگران تا فعالیت فردی یا جمعی خود را به سمت ارائه اینترنت اشیاء سبز ارتقا دهند، مانند تحقیق و توسعه، تدوین یا اجرای استانداردهای جدید، و توسعه و استقرار دستگاه‌های اینترنت اشیاء با بهره‌وری کارآمد انرژی	تمام مراحل	همگانی
سازمان‌های تدوین و توسعه استاندارد	شکل دادن به استانداردهای رسمی ضمن تشریح الزامات و جزئیات، جهت فراهم نمودن شرایط پیشرفت در راه‌حل‌های نرم‌افزاری یا سخت افزاری کارآمد از نظر انرژی و مبتنی بر IoT سبز	استانداردسازی	همگانی
ارائه دهندگان مالکیت معنوی	اتخاذ نوآوری‌ها از طریق تحقیق و توسعه در حوزه‌های مرتبط با ICT برای تقویت محیط کارآمد انرژی مبتنی بر IoT سبز.	تحقیق و توسعه	مشارکتی
توسعه‌دهندگان نرم افزار و سخت افزار	طراحی مدل‌ها و اجزای کم مصرف و سازگار که می‌توانند توسط تولید کنندگان دستگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرند.	تحقیق و توسعه	مشارکتی
سازندگان دستگاه	انتخاب مدل‌ها و مولفه‌های نرم‌افزاری و سخت افزاری و تلفیق ویژگی‌های کم مصرفی در کل مراحل اجزای سازنده	پیاده‌سازی	مشارکتی
طراحان شبکه	شکل دادن به اصلاحات مربوط به انرژی در اشیاء یا دستگاه‌هایی که باید به شبکه‌ها متصل شوند، مدیریت عملیات آنها و اطمینان از یک ارتباط کارآمد انرژی پایان به پایان در همه دستگاه‌های متصل	پیاده سازی	مشارکتی
ارائه دهندگان خدمات	ارتقا بهره‌وری انرژی بین تولید کنندگان و مصرف کنندگان با انتخاب راه‌حل‌های نرم‌افزاری و سخت افزاری ماهر، سازگار و قابل همکاری.	پس از پیاده سازی	مشارکتی
صنعت ارتباطات از راه دور	توسعه و اجرای طراحی شبکه کارآمد با بهینه‌سازی معماری شبکه، مدیریت توان و پروتکل‌های ارتباطی.	پس از پیاده سازی	مشارکتی
مصرف کنندگان	خریدهای کم مصرف، تغییر در تنظیمات دستگاه‌ها برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی و ایجاد تقاضاهای بیشتر برای راه‌حل‌های سخت افزاری و نرم‌افزاری با مصرف کارامد انرژی	پس از پیاده سازی	شخصی

بخش پنجم

بخش پنجم

توصیه های کلیدی دستیابی به اینترنت اشیاء سبز

۵-۱-توصیه‌های کلیدی انرژی محور: درست مانند ICT، اینترنت اشیاء نیز اصطلاحی گسترده است که شامل اطلاعات و ارتباطات مختلف، امکانات، فناوری‌ها و برنامه‌های کاربردی، با هدف ایجاد دسترسی، انتقال و مدیریت اطلاعات برای تأمین کنندگان یا مصرف کنندگان است. الزامات کلیدی و فناوری‌های اینترنت اشیاء سبز به هفت دسته طبقه بندی می‌شود. سیاست‌های سبز و استانداردسازی؛ زیرساخت‌های سبز؛ ارتباطات سبز؛ شبکه سبز؛ مدیریت خدمات سبز؛ ابرهای سبز و مراکز داده، و ICT سبز.

- سیاست‌های سبز و استانداردسازی-اولین و مهمترین گامی که فوراً باید برای یک محیط اینترنت اشیاء با بهره‌وری کارآمد انرژی برداشته شود، استانداردسازی و سیاست‌های سبز مربوط به آن است. در این راستا، استانداردسازی و پروتکل‌های IoT انرژی محور برای زیرمجموعه‌های مختلف اینترنت اشیاء، نیازمند همکاری بین احزاب مختلف، مانند سیاست‌گذاران، نهادهای استانداردگذاری و کنسرسیوم‌های صنعت است. با استانداردسازی اینترنت اشیاء، اطمینان، ایمنی و حفاظت بهتر از محیط زیست تضمین

می‌شود. هزینه مالکیت و نگهداری نیز کاهش می‌یابد. علاوه بر استانداردسازی بهینه‌سازی مصرف انرژی، سیاست‌های کاملاً مشخصی با هدف کمی‌سازی بهره‌وری انرژی، نیز باید توسط سیاست‌گذاران تدوین شود. با ارزیابی سیاست‌های موجود، تجزیه و تحلیل کارایی آنها، می‌توان به منافع کوتاه مدت یا بلند مدت برای تأمین کنندگان و مصرف کنندگان دست یافت.

• زیرساخت سبز- زیرساخت اینترنت اشیاء اساساً شامل شناسایی و ردیابی اشیاء و دستگاه‌های مرتبط مانند سنسورها، بارکدها، برچسب‌های RFID، خواننده‌ها و شبکه‌های مختلف ارتباطی سیمی و بی‌سیم است. این اشیاء یا دستگاه‌ها دارای اجزای مصرف کننده انرژی مانند میکروکنترلرها، حافظه‌ها و تجهیزات ارتباطی بی‌سیم هستند. در این زمینه، می‌توان با روش‌های مختلف، مانند کوچک کردن اندازه برچسب‌های RFID، جهت کاهش مقدار مواد تجزیه نشدنی مورد استفاده در تولید، بهره‌وری انرژی را در زیرساخت‌های اینترنت اشیاء، به دست آورد.

• ارتباطات سبز- اگرچه اشیاء و دستگاه‌های مختلف دارای پروتکل‌های ارتباطی متفاوتی هستند و نیاز به توانایی انتقال در اینترنت اشیاء دارند، اما همه این اشیاء و دستگاه‌ها می‌توانند از طریق دروازه‌هایی که ارتباط و تعامل اشیاء یا دستگاه‌های مختلف را از طریق اینترنت تسهیل می‌کند، متصل شوند. در نتیجه، ارتباط دستگاه‌هایی با قابلیت پویایی و پوشش دهی فراگیر را فراهم می‌کند. انتظار می‌رود میلیاردها دستگاه به اینترنت متصل شده و اطلاعات را تبادل کنند، و این تبادل اطلاعات منجر به مصرف

زیاد انرژی می‌شود. با این وجود، با استفاده از روش‌های کارآمد، میزان مصرف انرژی ناشی از فناوری‌های ارتباطی می‌تواند به طرز چشمگیری کاهش یابد.

• شبکه‌بندی سبز- فناوری‌های شبکه بی‌سیم زیادی با قابلیت IoT مانند شبکه‌های حسگر بی‌سیم و پویا (WSAN)، شبکه‌های بی‌سیم شخصی (WPAN)، شبکه‌های بی‌سیم بدنی (WBAN)، شبکه‌های خانگی (HAN)، شبکه‌های محلی (NAN)، شبکه‌های موقت (AHN) و ...، وجود دارد. از آنجا که اشیاء یا دستگاه‌ها در اینترنت اشیاء به قابلیت‌های مختلف ارتباطی و محاسباتی، و تغییر الزامات QoS[1] برای تبادل اطلاعات از طریق اینترنت نیاز دارند، این شبکه‌ها باید قبل از استفاده در اینترنت اشیاء، مجدد تنظیم شوند. با انجام تنظیمات لازم، میزان مصرف انرژی ناشی از فناوری‌های شبکه می‌تواند با استفاده از روش‌های کارآمد، مانند استفاده از تجهیزات شبکه با توان مصرف پایین، استفاده از تکنیک‌های مسیریابی با مصرف کارآمد انرژی (به عنوان مثال، معماری خوشه ای، مسیریابی چند راهی، قرار دادن گره رله ، و ...)، و ساخت و استفاده از ابزارهای کاهش داده (به عنوان مثال، تجمیع، نمونه برداری تطبیقی، فشرده سازی، کدگذاری شبکه) به طرز چشمگیری کاهش یابد.

• مدیریت خدمات سبز - معماری اینترنت اشیاء، اشیاء یا دستگاه‌ها را قادر می‌سازد تا از قابلیت‌های مختلف سرویس‌های استاندارد، مانند قابلیت افزایش بازده انرژی برخوردار باشند.

• ابرها و مراکز داده سبز- افزایش سریع تعداد و اندازه داده‌های

1. Quality of service

ذخیره شده و پردازش شده روی ابر منجر به افزایش هزینه‌های انرژی در ابر و مراکز داده نیز می‌شود. در این زمینه، می‌توان راه‌حل‌های مختلفی را برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ابرها و مراکز داده تطبیق داد، مانند استفاده از سخت افزار و راه‌حل‌های نرم‌افزاری کم مصرف (به عنوان مثال مقیاس گذاری ولتاژ و فرکانس پویا)، به‌کارگیری روش‌های ماشین مجازی کارآمد انرژی (VM)، استفاده از روش‌های تخصیص منابع کارآمد انرژی.

• ICT سبز -با توجه به اینکه IoT بخشی از ICT است، به کارگیری دیگر رویکردهای احتمالی صرفه‌جویی در انرژی که در حال حاضر در دسترس هستند، مانند طرحی سازگار با محیط زیست و استفاده از محصولات زیستی در تولید مولفه‌های G-IoT، کاهش مصرف انرژی تأسیسات، انتقال اطلاعات فقط در صورت لزوم، به حداقل رسانی طول مسیر داده‌ها، پردازش گزینه‌های ارتباطاتی، اعمال تکنیک‌های ارتباطاتی پیشرفته؛ می‌توانند کارآمد باشد.

۵-۲-پارامترهای زیست محیطی به منظور دستیابی به اینترنت اشیا سبز:

طبق مطالعه صورت گرفته در سال ۲۰۱۹، توسط بنیاد پژوهشی Öko واقع در برلین[1]، پارامترهای زیر، نکات کلیدی برای تنظیم تحول دیجیتال هستند، به نحوی که تهدیدهای زیست محیطی ناشی از این تحول را به حداقل و فرصت‌های محیطی آن را به حداکثر برساند. این پارامترها تحت دو دسته «IoT for Green» و «Greening IoT» طبقه‌بندی شده‌اند:

1. Öko-Institut. 2019. Impacts of the digital transformation on the environment and sustainability. “Service contract on future EU environment policy”.

۵-۲-۱- IoT for Green:

- **بهبود اطلاعات محصول:** بهبود در دسترس بودن اطلاعات محصول و به اشتراک‌گذاری آن در زنجیره ارزش یکی از پارامترهای کلیدی است. این اطلاعات باید در برگیرنده اطلاعات پایداری محصول و همچنین اطلاعات مربوط به ترکیب مواد محصول باشد. به عنوان مثال، تولیدکنندگان باید اطلاعاتی در مورد مواد خام حیاتی (CRM[1]) که در محصولات استفاده شده است، ارائه دهند: اولاً، به منظور پشتیبانی از بازیافت کنندگان به منظور اتخاذ تصمیمات آگاهانه در مورد تعمیر قطعات یا محصول، و دوماً به منظور حمایت از سیاست گذاران در نظارت بر استفاده از CRMها.
- **مصرف پایدار فناوری اطلاعات و ارتباطات:** سیاست‌گذاران باید موضوع ارتقا در میزان آگاهی زیست محیطی و مشارکت اجتماعی را در برنامه‌های خود مورد هدف قرار دهند، به عنوان مثال با تشویق مصرف کنندگان در شناسایی اثرات زیست محیطی فناوری‌ها فراتر از اثرات گازهای گلخانه‌ای و انتخاب راه‌حل‌های پایدار (به عنوان مثال، خدمات ابری مناسب با خواسته‌های فردی آن‌ها). همچنین نیاز است مقررات سختگیرانه‌ای در زمینه مصرف فناوری اطلاعات و ارتباطات حتی در زمینه تبلیغات توسط ارائه دهندگان اتخاذ گردد.
- **بهبود حکمرانی محیط زیست:** فناوری اینترنت اشیاء از طریق جمع آوری و به اشتراک گذاری داده‌های زیست محیطی، نظارت بر محیط زیست، کنترل فعالیت‌های مشکل ساز، حصول اطمینان از اجرای موثر قوانین زیست محیطی و ایجاد سیاست‌های

1. Critical Raw Materials

زیست‌محیطی فراگیرتر و مشروع‌تر می‌تواند به منظور بهبود حکمرانی محیطی مورد استفاده قرار گیرد. اما پروژه‌های آزمایشی در این زمینه باید با تحقیق در مورد عوارض جانبی (از جمله عوارض بالقوه اجتماعی و زیست محیطی) پشتیبانی شوند.

۵-۲-۲- Greening ICT:

- **بهبود حکمرانی پایدار معادن و منابع:** از آنجا که استخراج منابع معدنی بحرانی می‌تواند تأثیرات زیادی بر کاهش منابع، تنوع زیستی، و کاربری اراضی داشته باشد (و در آینده نیز این تاثیر بیشتر خواهد بود)، بهبود مقررات پایداری و اجرای آن ضروری است. در عین حال، رفتار مسئولانه مانند تعهدات مربوط به رعایت حقوق بشر و مسئولیت‌های زیست محیطی باید در بین فعالان اقتصادی که منابع استخراج شده را تأمین می کنند، ترویج شود. پایداری گزینه‌های فنی برای مدیریت زنجیره تأمین، از جمله ردیابی مواد اولیه با استفاده از فناوری های دفتر کل توزیع شده مانند بلاک چین، باید بیشتر مورد ارزیابی قرار گیرد. برای اینکه فناوری های بلاک چین شفافیت را افزایش دهند، باید استانداردهایی همراه با اولویت بندی اثرات پایداری در زنجیره‌های تأمین خاص تدوین شود.
- **بهبود چارچوب شرایط اقتصاد چرخشی:** دیجیتالی شدن و اقتصاد دورانی (CE) ارتباط تنگاتنگی با هم دارند. از یک سو و همانطور که ذکر شد، انرژی و مواد اولیه مورد استفاده برای بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث ایجاد اثرات ناخواسته

زیست محیطی می‌شود. از سوی دیگر، داده‌ها و برنامه‌های دیجیتالی فعال می‌توانند سهم قابل توجهی در اقتصاد دورانی داشته باشند، به عنوان مثال استفاده از ابزارهای دیجیتالی به هم پیوسته که ممکن است به بهبود استفاده از منابع طبیعی، طراحی، تولید، مصرف، استفاده مجدد، تعمیر مجدد، بازیافت و مدیریت زباله کمک کند.

- نقطه ورود در این مورد، مسئولیت گسترده تولیدکننده (EPR[1]) است: ویژگی اصلی خط مشی EPR این است که تولیدکننده مسئولیت اثرات زیست محیطی محصول را در پایان عمر، بر عهده گیرد. بدین گونه EPR مشوق‌هایی را برای تولیدکنندگان ایجاد می‌کند تا تغییراتی را در طراحی محصولات ایجاد کنند که هزینه‌های مدیریت زباله را کاهش دهد. این تغییرات باید در برگیرنده روش‌هایی برای بهبود قابلیت بازیافت و استفاده مجدد محصول، کاهش مصرف مواد، کوچک‌سازی محصولات، و همکاری در سایر فعالیت‌های به اصطلاح «طراحی برای محیط زیست» (DfE[2]) باشد.

EPR را می‌توان با استفاده از راه‌حل‌های دارای قابلیت دیجیتالی، به ویژه از طریق به اشتراک گذاری اطلاعات در طول زنجیره ارزش و بین تولیدکنندگان و بازیافت کنندگان، تسهیل کرد.

علاوه بر این، چارچوب‌های نظارتی موجود و به ویژه دستورالعمل طراحی محیط زیست باید بیشتر توسعه داده شوند تا بتوانند هر دو گذار دیجیتالیزاسیون و توسعه اقتصاد دورانی را با هم مدیریت کنند.

1. Extended Producer Responsibility
2. design for environment

- افزایش طول عمر کالاهای ICT، به ویژه کالاهای ICT پویا مانند تلفن‌های هوشمند، تبلت و لپ تاپ: پتانسیل زیادی برای تولید مجدد، بازیابی و بازیافت مواد از دستگاه‌های ICT منسوخ، انباشته شده و به اصطلاح در خواب زمستانی، وجود دارد. به نظر می‌رسد تأثیر چرخه‌های کوتاه نوآوری، تبلیغات و مدل‌های مختلف تعرفه‌ای ارائه دهندگان خدمات نقش تعیین کننده‌ای در این زمینه ایفا خواهد کرد.

یکی از گزینه‌های بهبود شرایط و ایجاد چارچوب برای تعمیر کالاهای فناوری اطلاعات و ارتباطات، صدور گواهینامه معتبر و حرفه‌ای برای تعمیرکاران به منظور کاهش موانع اجرای اقتصاد چرخشی است. به عنوان یک مورد، مصرف کنندگان نهایی نگرانی‌هایی در مورد حریم خصوصی داده‌های خود دارند و به این دلیل از استفاده دستگاه‌های دسته دوم خودداری می‌نمایند.

همچنین ایجاد برنامه‌ای برای جمع آوری کالاهای فناوری اطلاعات و ارتباطات پس از رسیدن به پایان عمر ضروری است.

جمع بندی

جمع‌بندی

حفظ منابع طبیعی یک پیش شرط اساسی جهت داشتن مکانی پایدار برای زندگی و توسعه، است. از این رو، هدف جامعه مدرن استفاده از راه‌حل‌های فن آورانه مدرن برای نجات کره زمین، ایجاد محل زندگی پایدار برای مردم و کسب سود است.

توجه به توسعه پایدار به عنوان یک هدف، در تعدادی زیادی از اسناد و معاهدات بین المللی در خصوص محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است. بیانیه‌های ریو و استکهلم، دست‌یابی به توسعه پایدار را مستلزم حفاظت از محیط زیست عنوان نموده و در دستور کار توسعه نیز این دو مفهوم را غیر قابل تفکیک دانسته‌اند.

اصل ۸ اعلامیه استکهلم (۱۹۸۲)، توسعه اقتصادی و اجتماعی را برای تضمین محیط زیست مطلوب، زندگی و کار لازم دانسته است و در اصل ۱۱ اعلامیه نیز مقرر می‌دارد که سیاست‌های زیست محیطی در جهت بهبود باشد نه این که به صورت معکوس بر توسعه بالقوه کنونی و آینده کشورهای درحال توسعه اثر بگذارد.

اصل ۲ بیانیه ریو (۱۹۹۲) حق دولت‌ها را جهت بهره‌برداری از منابع براساس خط‌مشی‌های زیست محیطی و توسعه‌ای خودشان

مجاز می‌داند و اصل ۴ این بیانیه نیز اعلام می‌دارد، به منظور نیل به توسعه پایدار، فرایند توسعه باید هماهنگ با حفاظت از محیط زیست باشد.

فصل ۳۹ دستورکار ۲۱، با عنوان اسناد حقوق بین المللی مقرر می‌دارد «توسعه بیش‌تر حقوق بین الملل مربوط به توسعه پایدار، مستلزم توجه خاصی به توازن میان ملاحظات محیط زیست و توسعه خواهد بود».

تدوین قوانین و مقررات برای پیشگیری از جرائم و سوءاستفاده های احتمالی، یکی از اساسی‌ترین اقداماتی است که غالباً دولت‌ها در راستای تحولات جدید انجام می‌دهند. اینترنت اشیاء به عنوان مفهومی که از آن در انقلاب صنعتی چهارم نیز یاد می‌شود، نیازمند تبیین آیین و مقررات مربوطه است به گونه‌ای که حقوق شهروندان و محیط زیست در آن به خوبی حفظ شده و موانعی برای جلوگیری از رخداد حوادث احتمالی در نظر گرفته شود. راه اندازی «معامله سبز اروپا» (EGD) در سال ۲۰۱۹ و انتشار اخیر گزارش وضعیت محیط زیست منطقه اقتصادی اروپا، بیانگر اهمیت لحاظ تأثیرات زیست محیطی در توسعه و به‌کارگیری فناوری و نوآوری‌ها از همان ابتدا است.

استفاده از تکنولوژی در راستای حفظ و توسعه محیط زیست، هم نیاز به قوانین بازدارنده و هم تشویق‌کننده برای نهادها و عموم مردم دارد. اگرچه بسیاری از مطالعات مزایا و فرصت‌های ناشی از پیاده‌سازی اینترنت اشیاء را مورد بررسی قرار داده‌اند، اما هنوز به‌کارگیری این فناوری از منظر زیست محیطی به اندازه کافی مورد بررسی و تحقیق

قرار نگرفته است. البته که این عدم توجه تا حدی به این عامل مربوط می‌شود که این موضوع در قوانین زیست محیطی مورد توجه قرار نگرفته است. با این‌حال، این فناوری ممکن است تهدیدهای موجود برای امنیت محیطی را تشدید کرده و یا ریسک‌های جدیدی را ایجاد کند که باید مدنظر قرار گیرند و مدیریت شوند. بنابراین در نظر گرفتن خط مشی‌های زیست محیطی در استفاده اخلاقی از این فناوری از همان ابتدا، موضوع ضروری است.

نگاهی به روند شکل‌گیری اینترنت اشیاء در ایران نشان می‌دهد که اولین جرقه شکل‌گیری اینترنت اشیا در ایران و شناساندن مفاهیم این فناوری نوین به بخش خصوصی و دولتی در خلال سال‌های ۹۳ و ۹۴ رقم خورده است . منابع خبری داخلی نیز در همان سال‌ها اقدام به معرفی این فناوری و معماری‌های مرتبط با آن نمودند. در سال‌های بعد، فعالان و نخبگان به این حوزه وارد شدند و فرآیند ساخت نمونه‌های اولیه در ارتباط با هوشمندسازی صنایع انرژی، بهداشت و درمان، ساختمان و ... آغاز گردید.

در ادامه شرکت‌های خصوصی و دولتی در قالب یک نهاد غیردولتی پیشرو و تصمیم‌ساز کارگروهی به‌نام فروم اینترنت اشیاء ایران را راه‌اندازی کردند تا به شکل‌گیری و تقویت اکوسیستم اینترنت اشیا در ایران، همفکری و هم‌افزایی با نهادهای حاکمیتی برای سیاست‌گذاری درست و موثر و رفع چالش‌ها، تقویت توانمندی‌های بومی در گسترش خدمات متنوع و کاربردی در کشور، کمک به گسترش فعالیت بازیگران ایرانی اینترنت اشیاء در بازارهای بین‌المللی و هم‌افزایی به منظور ایجاد و بهره‌برداری از فرصت‌های کسب و کار برای فعالان حوزه

اینترنت اشیا کمک کنند.

همچنین در مهر ماه سال ۱۳۹۷، مصوبه‌ای از سوی شورای عالی فضای مجازی در خصوص اینترنت اشیاء ابلاغ گردیده که در ماده ۲ آن به تضمین امنیت و سلامت فردی و عمومی (از منظر سلامت جسمی و روانی، اقتصادی، امنیتی، اجتماعی، فرهنگی و زیست محیطی) اشاره شده است، با این حال، تعاملات بین اینترنت اشیاء و مسائل زیست محیطی در چند سال گذشته در دستور کار بحث‌های سیاسی و سیاست گذاری در سطح کشور قرار نگرفته است.

مطابق سند چشم انداز توسعه۱۴۰۴ (مجمع تشخیص مصلحت نظام، ۱۳۸۲) حفاظت از محیط زیست و احیای منابع طبیعی ایران،کسب فناوری‌های زیستی، فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، باید به‌گونه‌ای باشد که محیط زیست ایران تا سال ۱۴۰۴ به محیط زیست مطلوب تبدیل شود.

اما غلبه بر چالش‌هایی که در این گزارش مورد بررسی قرار گرفت، نیازمند همکاری میان نهادها از جمله شورای عالی فضای مجازی، سازمان تنظیم مقررات، سازمان حفاظت از محیط زیست، شرکت‌های دولتی، و خصوصی مختلف است. اتصال حلقه‌های زنجیره ارزش اینترنت اشیاء و هم افزایی میان آن‌ها، سبب خواهد شد، ایران نیز همانند بسیاری از کشورهای پیشرفته، گام در مسیر دنیای هوشمند گذاشته و رویکردی نوین برای بهبود کیفیت زندگی، حفظ محیط زیست و پیشرفت اجتماعی در پیش گیرد.

به طور کل استراتژی‌های دیجیتال‌سازی باید با توجه به اهداف بلندپروازانه زیست محیطی طراحی گردند. استفاده از چشم‌انداز

G-IoT، مزایای اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی قابل توجه‌ای دارد. بدیهی است که ادغام مفهوم G-IoT در بخش ICT و بخش‌های محرک اقتصاد سبز مستلزم تعامل همه بازیگران (دولت‌ها، مدیران، کارمندان و مصرف کنندگان) و همچنین تدوین قوانین رسمی، استانداردها و سیاست‌ها برای اجرای شیوه‌های G-IoT در تمام سطوح حکمرانی (کشور، منطقه‌ای، شهری و ...) است. در این گزارش تعدادی از گزینه‌های مربوط به سیاست ارائه شده است، با این حال، به منظور افزایش شانس موفقیت و کمک به کاهش مصرف کلی انرژی، انتشار کربن، سایر اثرات احتمالی زیست محیطی، و ...، یک تحقیق جامع در مورد جزئیات دقیق چگونگی دستیابی به Green - IoT مورد نیاز است.

منابع

• ITU. (2014). Green ICT technologies: How they can help mitigate the effects of climate change. [Online]. http://www.itu.int/en/ITU-D/RegionalPresence/AsiaPacific/Documents/ ICTCC_Session_7_Green%20 ICT%20Technologies%20V4.pdf

• Radu, L. D. (2016). Determinants of Green ICT adoption in organizations: A theoretical

perspective. Sustainability, 2016(8), 731.

• NCB. (n.d). Green ICT guidelines for businesses. National Computer Board. [Online]. http://www.ncb.mu/English/Documents/Downloads/Reports%20and%20Guidelines/Green%20ICT%20Guidelines%20 for%20Businesses.pdf

• Zhu, C., Leung, V., Shu, L., & Ngai, E. C. H. (2015). Green internet of things for smart

world. Access IEEE, 3, 2151–2162.

• Vidas-Bubanja, M. (2014). Implementation of Green ICT for sustainable economic development. In MIPRO 2014. (pp. 1592–1597). Opatija, Croatia.

• G. Mao, 5G green mobile communication networks, China Communications, 14 (2017) 183-184.

• APC. (2010). Global Information Society Watch—Focus on ICTs and environmental sustainability. Association for Progressive Communications. [Online].

• Alrakhami, Mabrook & Al-Mashari, Majed. (2021). A Blockchain-Based Trust Model for the Internet of Things Supply Chain Management. Sensors. 21. 15. 10.3390/s21051759.

• Maksimovic. 2018. Greening the Future: Green Internet of Things (G-IoT) as a Key Technological Enabler of Sustainable Development. book.springer.303-318.

• ITU. (2010). ICT as an enabler for smart water management. ITU-T technology watch report.[Online]. http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000100003PDFE.pdf

• Öko-Institut. 2019. Impacts of the digital transformation on the environment and sustainability. "Service contract on future EU environment policy".

• OECD. (2009). Towards Green ICT strategies: Assessing policies and programmes on ICTand the environment. [Online]. https://www.oecd.org/sti/ieconomy/42825130.pdf

• https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/.

• Buchalcevova, A., & Gala, L. (2012). Green ICT adoption survey focused on ICT lifecycle from the consumer's perspective (SMEs). Journal of Competitiveness, 4(4), 109–122.

• Andreopoulou, Z. (2012). Green informatics: ICT for green and sustainability. Agrárinformatika/Agricultural Informatics, 3(2), 1–8.

• OECD. (2015). Green growth in fisheries and aquaculture. OECD green growth studies. Paris: OECD Publishing.

• Stollenmayer, P. (2011). How the Earth can benefit from Green ICT. Eurescom. [Online]. https://www.eurescom.eu/news-and-events/eurescommessage/eurescom-message-archive/eurescom-messge-2-2011/how-the-earth-can-benefit-from-green-ict.html

• Vijayapriya, T., & Kothari, D. P. (2011). Smart grid: An overview. Smart

Grid and Renewable Energy, 2(4), 305–311.

• GeSi. (2015). #SMARTer2030-ICT solutions for 21st century challenges. Brussels, Belgium: Global e-Sustainability Initiative (GeSI).

• Maksimovic, M., & Gavrilovic, Z. (2016). Connecting sciences in green: Internet of things and economy. In ENTECH '16/IV. International Energy Technologies Conference (pp. 173–182). Istanbul, Turkey.

• GeSi. (2015). #SMARTer2030-ICT solutions for 21st century challenges. Brussels, Belgium: Global e-Sustainability Initiative (GeSI).

• Musulin, K. (2015). Refuse revolution: 4 companies transforming the trash bin. [Online]. http://www.wastedive.com/news/refuse-revolution-4-companies-transforming-the-trash-bin/405405/

• Tuysuz, Mehmet & Trestian, Ramona. (2020). From serendipity to sustainable green IoT: Technical, industrial and political perspective. Computer Networks. 182. 107469. 10.1016/j.comnet.2020.107469.

حوزه فضای مجازی به اندازه انقلاب اسلامی اهمیت دارد. این فضا مثل یک رودخانه پر از آب و خروشان است که می آید و دائماً هم بر آب آن افزوده و خروشان تر می شود. اگر ما بر این رودخانه تدبیر کنیم و برنامه داشته باشیم، زه‌کشی کنیم و هدایت کنیم این رودخانه را تا به سد بریزد، می‌شود فرصت. اگر رهایش کنیم و برنامه‌ای برای آن نداشته باشیم می‌شود یک تهدید.

csri.majazi.ir