یکپارچگی فناوری‌های اینترنت اشیاء و کلان داده در کشاورزی هوشمند

بهاره جمشیدی

عضو هیئت‌علمی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(b.jamshidi@areeo.ac.ir)

چکیده

رشد روزافزون جمعیت از یک‌سو و کاهش زمین‌های قابل کشت از سوی دیگر، بشر را با یک چالش هولناک که چگونه غذای مردم بیشتری را با زمین‌های کمتر تأمین کند، مواجه کرده است. مسائلی مانند کاهش منابع آب و انرژی، تغییر اقلیم و انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز به‌ویژه در سال‌های اخیر این بحران را جدی‌تر کرده است. اینترنت اشیاء یک فناوری نوظهور است که اثری عمیق و معنی‌دار روی زندگی بیلیون‌ها انسان و آینده جهان درزمینهٔ مختلف به‌ویژه کشاورزی و پاسخ به این مسئله بحرانی خواهد داشت. ظهور راه‌کارهای هوشمند اینترنت اشیاء به‌منظور تصمیم‌گیری مبتنی برداده و ارتباط بین داده و محیط در کشاورزی سبب تغییر بنیادی در همه وجوه شیوه‌های سنتی و بسترساز توسعه الگوی جدیدی از کشاورزی به نام کشاورزی هوشمند شده است. داده‌های مبتنی بر فناوری اینترنت اشیاء، بسیار حجیم و بزرگ هستند که با ابزارهای مدیریتی و پایگاه‌های داده سنتی و معمولی قابل‌پردازش و مدیریت نیستند. فناوری کلان داده به‌منظور ذخیره‌سازی، پردازش و تجزیه‌وتحلیل کلان داده‌هایی مانند داده‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء درزمینهٔ مختلف به‌ویژه کشاورزی توسعه‌یافته است. بنابراین، کشاورزی هوشمند و رسیدن به توسعه پایدار کشاورزی مستلزم یکپارچگی فناوری‌های اینترنت اشیاء و کلان داده است. این مقاله، به معرفی فناوری‌های اینترنت اشیاء و کلان داده و ارتباط بین آن‌ها باهدف کشاورزی هوشمند می‌پردازد.

کلمات کلیدی: *اینترنت اشیاء، شناسایی فرکانس رادیویی، شبکه حسگر بی‌سیم، کشاورزی هوشمند، کلان داده، هوش مصنوعی*

نویسنده مسئول: b.jamshidi@areeo.ac.ir

یکپارچگی فناوری‌های اینترنت اشیاء و کلان داده در کشاورزی هوشمند

مقدمه

پیش‌بینی‌شده است که جمعیت جهان تا سال 2050 میلادی به بیش از 9 بیلیون نفر برسد. طبق گزارش سازمان خواربار جهانی به دلیل رشد روزافزون جمعیت، تولید جهانی غذا تا سال 2050 میلادی بایستی دست‌کم 70 درصد افزایش یابد تا جوابگوی نیاز تغذیه‌ای جمعیت جهان باشد. از سوی دیگر، تنها بخش کوچکی از سطح کره زمین به دلیل محدودیت‌های مختلف از قبیل دما، منابع آب، شرایط جوی و اقلیم، کیفیت خاک و فناوری برای کاربردهای کشاورزی و تولید غذا وجود دارد که تعداد آن‌ها از چند دهه اخیر رو به کاهش هستند. بنابراین، بشر با یک چالش هولناک که چگونه غذای مردم بیشتری را با زمین‌های کمتر تأمین کند، مواجه است [1]. مسائلی مانند تغییر اقلیم، انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش منابع آب، انرژی و زیستی نیز به‌ویژه در سال‌های اخیر این بحران را جدی‌تر کرده است.

اینترنت اشیاء[1] (IoT) یک فناوری نوظهور است که می‌تواند زندگی بشر و آینده جهان را درزمینهٔ مختلف به‌ویژه کشاورزی دگرگون کند و پاسخی به این مسئله بحرانی باشد [1]. ظهور فناوری‌های جدید و راه‌کارهای هوشمند اینترنت اشیاء به‌منظور تصمیم‌گیری مبتنی برداده و ارتباط بین داده و محیط در کشاورزی سبب ایجاد تغییرات بنیادی در تمام وجوه شیوه‌های سنتی کشاورزی شده و الگوی جدیدی از کشاورزی به نام کشاورزی هوشمند[2] را به وجود آورده است. کاربرد راه‌حل‌های هوشمند این فناوری در حوزه‌های مختلف کشاورزی (مانند آب، زراعت، باغبانی، گلخانه، دام و طیور و آبزیان) می‌تواند با هوشمند سازی محیط، سبب بهبود بهره‌وری کشاورزی با تولید بیشینه غذا از طریق استفاده بهینه از منابع پایه، کمینه کردن اثرات محیطی، کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد شود و دستیابی به اهداف توسعه پایدار کشاورزی را تسهیل کند. داده‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء، بسیار حجیم، بزرگ و مجموعه‌ای از کلان داده‌ها[3] هستند که با ابزارهای مدیریتی و پایگاه‌های داده سنتی و معمولی قابل‌پردازش و مدیریت نیستند. فناوری کلان داده به‌منظور ذخیره‌سازی، پردازش و تجزیه‌وتحلیل چنین داده‌هایی درزمینهٔ مختلف به‌ویژه کشاورزی توسعه‌یافته است [2 و 3]. ازاین‌رو، آینده کشاورزی بهینه در جهان و رسیدن به توسعه پایدار کشاورزی بدون هوشمند سازی کشاورزی مبتنی بر یکپارچگی فناوری‌های اینترنت اشیاء و کلان داده امکان‌پذیر نیست. این مقاله، به معرفی فناوری‌های اینترنت اشیاء و کلان داده و ضرورت یکپارچگی آن‌ها باهدف توسعه کشاورزی هوشمند می‌پردازد.

اینترنت اشیاء (IoT)

اینترنت اشیاء یک فناوری در حال رشد در زمینهٔ فناوری اطلاعات و ارتباطات[4] (ICT) و انقلاب بعدی مرتبط با اینترنت است که به‌جای تمرکز بر ارتباط بین افراد، بر ارتباط بین اشیاء تمرکز دارد. منظور از اشیاء، هر چیز بی‌جانی مانند حسگرها، محرک‌ها، دستگاه‌های مجهز به فناوری ارتباط بی‌سیم و غیره است که قابلیت جمع‌آوری داده، کنترل شدن و یا ارتباط از راه دور را داشته باشد.

فناوری اینترنت اشیاء، اینترنت ارتباط بین اشیاء و گسترش و توسعه اینترنت با استفاده از اصول پایه شبکه حسگر است. به‌عبارت‌دیگر، اینترنت اشیاء یک شبکه اطلاعاتی است که با استفاده از فناوری‌های ارتباطی گوناگون اشیاء را به اشیاء، اشیاء را به مردم، و مردم را به مردم متصل می‌کند. به‌گونه‌ای که، داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط اشیاء بر پایه تمامی انواع شبکه‌های در دسترس و اینترنت مبادله می‌شود. بنابراین، مدیریت، مانیتورینگ، ردیابی، مکان‌یابی و شناسایی هوشمند با فناوری اینترنت اشیاء امکان‌پذیر می‌شود. توسعه تلفن‌های همراه نیز

1- Internet of Things
2- Smart Agriculture
3- Big Data
4- Information and Communications Technology

سبب شده است که این امکان‌ها به‌راحتی از هر مکانی وجود داشته باشد. با به‌کارگیری فناوری اینترنت اشیاء، مردم می‌توانند تولید و زندگی خود را در یک مسیر پویاتر و پیچیده‌تر مدیریت کنند؛ به وضعیت هوشمند برسند، و سطوح بهره‌وری و استفاده از منابع پایه را بهبود دهند. برخی از فناوری‌های مهم ارتباطی که در اینترنت اشیاء استفاده می‌شوند عبارت‌اند از: شبکه‌های حسگر بی‌سیم[5] (WSN)، شناسایی فرکانس رادیویی[6] (RFID)، ارتباطات میدانی نزدیک[7] (NFC)، و تکامل بلندمدت[8] (LTE) [4 و 5].

شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN): یک شبکه حسگر از تعداد زیادی گره یا نودِ[9] حسگر تشکیل‌شده است که در یک محیط به‌طور گسترده پخش‌شده‌اند و به جمع‌آوری اطلاعات از محیط می‌پردازند. حسگرهای این شبکه حسگرهایی کوچک با توان مصرفی پایین، قیمت مناسب و کاربری‌های گوناگون هستند که افزون بر توانایی جمع‌آوری داده‌ها و دریافت اطلاعات مختلف محیطی بر اساس نوع حسگر، قادر به پردازش اولیه و ارسال اطلاعات به نودهای حسگر هستند. شبکه حسگر بی‌سیم که مجموعه‌ای از نودهای حسگر سامان‌دهی شده در داخل یک شبکه مشترک است به‌عنوان یکی از فناوری‌های مؤثر در قرن بیست و یکم، به‌طور گسترده‌ای موردتوجه قرارگرفته است و مزایای بسیاری دارد که از آن جمله می‌توان به بی‌سیم بودن، ارزان بودن، انتقال سریع و مؤثر داده‌ها بدون وجود شلوغی و هزینه سیم‌ها اشاره کرد. در مقایسه با حسگرهای معمولی، نودهای حسگر دارای حجم و هزینه کم‌تر هستند. اغلب داده‌های منتقل‌شده در شبکه حسگر توسط نودها پردازش می‌شوند و ازاین‌رو، ترافیک و شعاع ارتباطی، کوچک و پهنای باند خیلی پایین است [6].

شناسایی فرکانس رایویی (RFID): سیستم شناسایی فرکانس رادیویی یک سیستم شناسایی بی‌سیم است که قادر به خواندن و شناسایی اطلاعات اشیاء با استفاده از فرکانس رادیوییست. این سیستم از یک یا چند بازخوان[10] و چندین تگِ[11] RFID تشکیل‌شده است. تگ‌های RFID با اطلاعات الکترونیکیِ ذخیره‌شده و یک آدرس خاص مشخص و روی اشیاء تعبیه می‌شوند. با قرار گرفتن این اشیاء در نزدیکی بازخوان‌های RFID، اطلاعات الکترونیکی ذخیره‌شده در تگ‌ها قابل بازخوانی است. به‌عبارت‌دیگر، تگ‌های RFID از میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس رادیویی برای انتقال داده‌های مرتبط با یک شیء استفاده می‌کنند [5].

ارتباطات میدانی نزدیک (NFC): ارتباطات میدانی نزدیک کاملاً مشابه شناسایی فرکانس رادیوییست با این تفاوت که بازخوان با یک تلفن همراه یکپارچه‌شده است. بنابراین، خواندن اطلاعات و شناسایی اشیاء دارای تگ‌های NFC از فاصله کوتاه توسط فرکانس رادیویی و تلفن‌های همراه یکپارچه‌شده با بازخوان‌های NFC امکان‌پذیر خواهد بود [6].

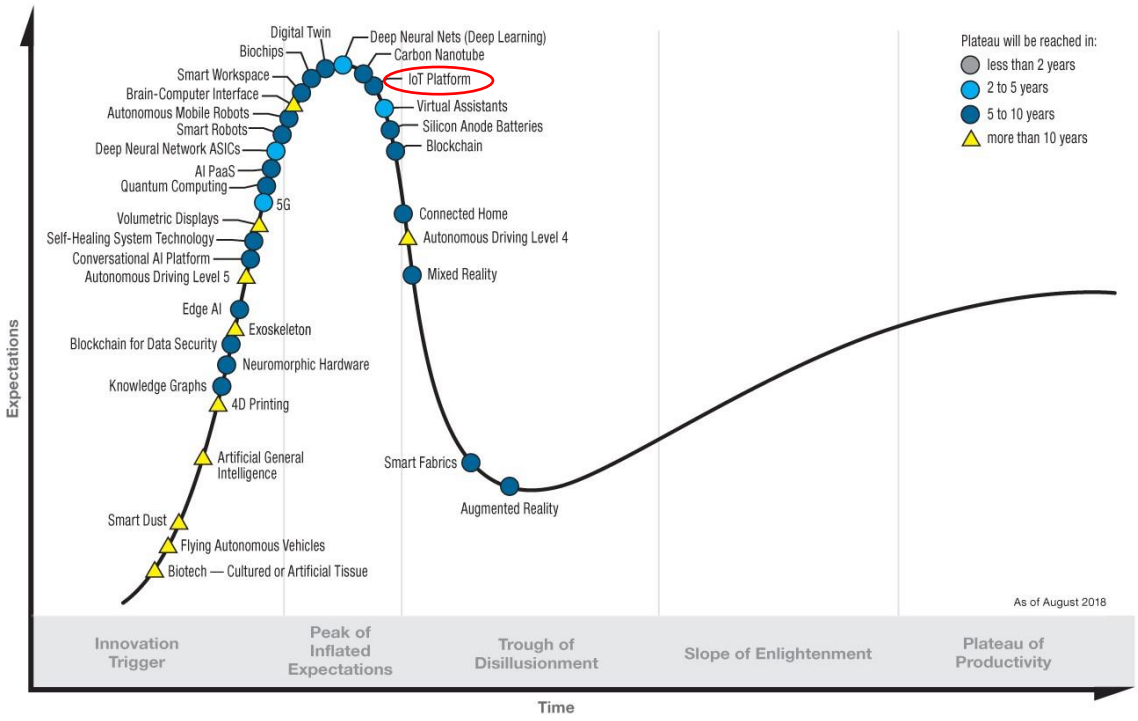
تکامل بلندمدت (LTE): تکامل بلندمدت یک پروتکل استاندارد ارتباط بی‌سیم برای انتقال داده‌ها با سرعت‌بالا بین تلفن‌های همراه بر پایه سیستم جهانی ارتباطات سیار است [6].

معماری اینترنت اشیاء در ساده‌ترین حالت از سه لایه شامل لایه ادراک، لایه شبکه، و لایه کاربرد تشکیل می‌شود [7]. لایه ادراک، لایه حسگرها و شامل مجموعه‌ای از حسگرها و نودهای حسگر است که به‌صورت لحظه‌ای داده‌ها را جمع‌آوری و تا حدی پردازش می‌کنند. در این لایه اتصال حسگر و شبکه‌ای از طریق یک شبکه حسگر بی‌سیم فراهم می‌شود. لایه دو، لایه شبکه است که وظیفه برقراری ارتباط با سایر اشیاء هوشمند، دستگاه‌های شبکه و سرورها را بر عهده دارد. همچنین از ویژگی‌های آن برای انتقال و پردازش داده‌های حسگرها استفاده می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، این لایه امکانات شبکه‌ای موردنیاز را برای پشتیبانی داده‌های کلان تولیدشده توسط نودهای حسگر بی‌سیم تأمین می‌کند. لایه سه، لایه کاربرد و شامل برنامه‌های کاربردی برای ارائه و کاربرد اطلاعات به بهره‌بردار است.

5- Wireless Sensor Networks
6- Radio-frequency Identification
7- Near-field Communications
8- Long Term Evolution
9- Node
10- Reader
11- Tag

هرسال نموداری شماتیک از جدیدترین فناوری‌های اینترنتی و مدرن جهان به نام چرخه هایپ گارتنر[۱۲] توسط موسسه گارتنر که یکی از بزرگ‌ترین و معتبرترین موسسه‌های پژوهشی و مشاوره‌ای آمریکایی است، ارائه می‌شود. در این چرخه می‌توان مراحلی را که یک فناوری از بدو تولد طی می‌کند، موردبررسی قرارداد. مراحل این چرخه شامل تولد فناوری[۱۳]، قلهٔ انتظارات[۱۴]، شیب سرخوردگی[۱۵]، سراشیبی روشنگری[۱۶] و سطح سودمندی[۱۷] است. چرخه هایپ، کاربردهای بسیاری در تصمیم‌گیری استراتژی یا بازاریابی کسب‌وکارها دارد و می‌تواند چشم‌اندازی روشن از آینده جهان ارائه دهد [8].

شکل 1 چرخه هایپ گارتنر سال 2018 و جایگاه فناوری اینترنت اشیاء را در بین فناوری‌های نوظهور حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات نشان می‌دهد [9]. طبق این چرخه، اینترنت اشیاء مرحله تولد فناوری را پشت سر گذاشته است و در قلهٔ انتظارات قرار دارد. جایی که میزان نیازمندی و انتظاراتِ افزایش‌یافته، پژوهشگران را به توسعه‌های جدیدتر فناوری ترغیب می‌کند. همچنین، پیش‌بینی‌شده است که بین 5 تا 10 سال زمان برای تحقق چرخه و پذیرش این فناوری توسط عامه مردم لازم است.



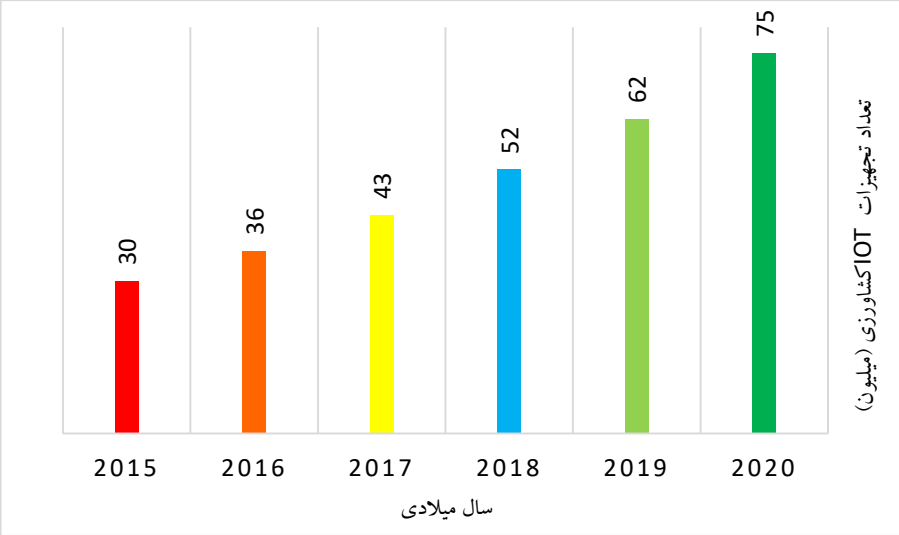
شکل 1- چرخهٔ هایپ گارتنر در سال 2018 برای فناوری‌های نوظهور درزمینهٔ فناوری اطلاعات [9]

اینترنت اشیاء، به‌طور گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف از قبیل هوشمند سازی شهرها و فروشگاه‌ها، مانیتورینگ صنعتی و کنترل کارخانه‌ها، کنترل منازل و ساختمان‌ها، کنترل از راه دور وسایل منزل، حمل‌ونقل هوشمند، پایش سلامتی انسان، امنیت عمومی، کنترل هوشمند مصرف انرژی، حفاظت محیط‌زیست، پیش‌بینی آب‌وهوا و مدیریت بحران، هوشمند سازی زنجیره تأمین، تولید کشاورزی و غیره

12- Gartner's Hype Cycle
13- Technology Trigger
14- Peak of Inflated Expectations
15- Trough of Disillusionment
16- Slope of Enlightenment
17- Plateau of Productivity

رواج یافته و رو به رشد است. در سال‌های اخیر، کاربرد این فناوری باهدف کشاورزی هوشمند بسیار موردتوجه پژوهشگران در هر دو حوزه دانشگاه و صنعت قرارگرفته و تعداد تجهیزات نصب‌شده اینترنت اشیاء در کشاورزی رو به افزایش است.

وبگاه خبریِ BI Intelligence پیش‌بینی می‌کند که تعداد تجهیزات نصب‌شده اینترنت اشیاء در کشاورزی از 30 میلیون در سال 2015 به 75 میلیون در سال 2020 افزایش یابد (با رشد سالانه 20 درصدی) (شکل 2). بنابراین، حجم کلان داده‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء روزبه‌روز در حال افزایش است. به‌طوری‌که، انتظار می‌رود با نصب تجهیزات اینترنت اشیاء در زمین کشاورزی متوسط، تا سال 2050 میلادی به‌طور میانگین 4/1 میلیون نقطه داده[18] در روز تولید شود. این تعداد در سال 2014 میلادی، 190000 نقطه داده در روز بوده است [10].



شکل 2- تعداد تخمینی تجهیزات اینترنت اشیاء کشاورزی در سال‌های 2015 تا 2020 میلادی (برگرفته از [10])

کلان داده

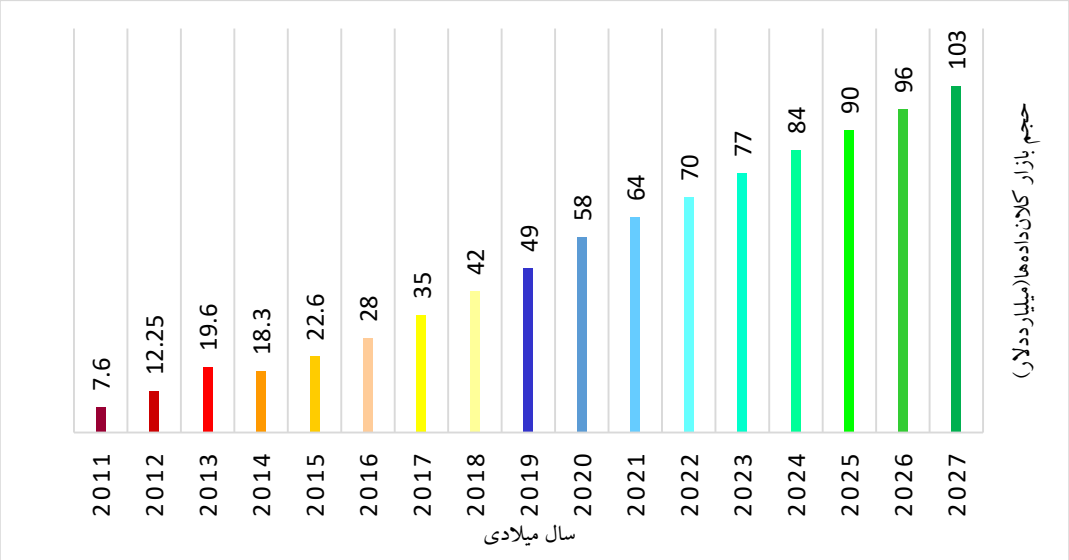
مدت‌هاست از عبارت کلان داده برای اشاره به داده‌های حجیمی که توسط سازمان‌های بزرگی مانند گوگل یا ناسا ذخیره و تحلیل می‌شوند، استفاده می‌شود. به‌تازگی، این عبارت بیشتر به مجموعه‌ای از داده‌های بزرگ گفته می‌شود که به‌اندازه‌ای حجیم و بزرگ هستند که با ابزارهای مدیریتی و پایگاه‌های داده سنتی و معمولی قابل‌پردازش و مدیریت نیستند [2].

کلان داده با چهار مشخصه حجم (Volume)، تنوع (Variety)، سرعت (Velocity)، و صحت یا درستی (Veracity) یا به عبارتی با چهار V مشخص می‌شود. این یعنی کلان داده‌ها حجیم هستند و در مقادیر زیاد ظاهر می‌شوند (حجم)، از منابع گوناگون دریافت می‌شوند و مخلوطی از داده‌های ساختاریافته و بدون ساختار هستند (تنوع)، به‌صورت بی‌درنگ و لحظه‌ای دریافت می‌شوند (سرعت) و با توجه به این‌که از منابع گوناگون دریافت می‌شوند ممکن است دارای داده‌های نادرست و غیرقابل‌اعتماد نیز باشند (درستی) [3 و 11].

برای بهره‌مندی از کلان داده‌ها سه مرحله لازم است: جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی داده‌ها، مدیریت کلان داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و کسب دانش. در مرحله یک، داده‌ها جمع‌آوری، پردازش و برای استفاده درست در مرحله تجزیه‌وتحلیل آماده می‌شوند. برای مدیریت داده‌ها، ذخیره‌سازی آن‌ها در فضای ابری یا فضاهای ذخیره‌سازی عادی انجام می‌شود. درنهایت، تجزیه‌وتحلیل کلان داده‌ها برای کسب دانش لازم است [3 و 12].

18- Data Point

موسسه گارتنر، فناوری کلان داده را به‌عنوان یکی از 10 روند فناوری برتر دنیا در سال ۲۰۱۳، همچنین به‌عنوان یکی از 10 روند فناوری حیاتی در پنج سال آینده معرفی کرده است. این فناوری هرروز محبوبیت و مقبولیت بیشتری نزد دانشگاهیان، صنایع و سازمان‌های دولتی پیدا می‌کند. با توجه به این‌که با تحلیل حجم بیشتری از داده‌ها می‌توان تحلیل‌های بهتر و پیشرفته‌تر ارائه داد و نتایج مناسب‌تری دریافت کرد، استفاده از کلان داده‌ها در حوزه‌های مختلف مانند تجارت، انرژی، بهداشت و پزشکی، مباحث امنیتی، کشاورزی و غیره رواج یافته است. تحلیل بازار کلان داده‌ها نشان می‌دهد که حجم بازار این فناوری رو به افزایش است [2 و 13]. به‌طوری‌که حجم بازار کلان داده‌ها از 7/6 میلیارد دلار در سال 2011 میلادی به 42 میلیارد دلار در سال 2018 رسیده است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال 2027 به حدود 103 میلیارد دلار برسد (شکل 3).



شکل 3: حجم بازار کلان داده‌ها در افق ۲۰۲۷ (میلیارد دلار) (برگرفته از [2])

کاربرد اینترنت اشیاء و کلان داده در کشاورزی هوشمند

به دلیل این‌که اینترنت اشیاء طیف گسترده‌ای از اشیاء باقابلیت جمع‌آوری داده را به هم مرتبط می‌کند، داده‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء، کلان داده و این دو فناوری کاملاً به هم مرتبط هستند. بااین‌حال استفاده از این داده‌های کلان به‌منظور تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و کسب دانش نیازمند مدیریت و تجزیه‌وتحلیل مناسب است.

کسب دانش از داده‌های اینترنت اشیاء بزرگ‌ترین چالشی است که متخصصان کلان داده با آن مواجه هستند. اینترنت اشیاء جریان مداوی از داده تولید می‌کند که درک این جریان داده و استخراج اطلاعات مفید از آن و کسب دانش، نیازمند تحلیل‌های قوی داده‌های کلان است. یادگیری ماشین[19] و هوش مصنوعی[20] تنها راه‌کارها برای مدیریت و تجزیه‌وتحلیل کلان‌داده‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء هستند [14].

توسعه کشاورزی هوشمند و رسیدن به توسعه پایدار کشاورزی مستلزم یکپارچگی فناوری‌های اینترنت اشیاء و کلان داده است. این یکپارچگی یا به عبارتی کاربرد راه‌حل‌های هوشمند اینترنت اشیاء (استفاده از روش‌های هوش مصنوعی در تجزیه‌وتحلیل داده‌های کلان مبتنی بر اینترنت اشیاء) می‌تواند سبب هوشمند سازی و افزایش بهره‌وری کشاورزی شود. به‌طوری‌که با پایش وضعیت آب، خاک و هوا

19- Machine Learning
20- Artificial intelligence

که تأثیر بسیاری در رشد و تولید محصولات کشاورزی (زراعی، باغی، و گلخانه‌ای) دارند می‌توان نظارت و مدیریت لحظه‌ای این عوامل را به‌صورت هوشمند فراهم کرد. بر این اساس، آبیاری هوشمند متناسب با نیاز آبی گیاهان مختلف و مدیریت مصرف آب از کاربردهای فناوری اینترنت اشیاء یکپارچه با فناوری کلان داده‌های حاصل از حسگرهای محیطی مانند حسگرهای رطوبت خاک و حسگرهای دما و رطوبت نسبی هوا در تلفیق با اطلاعات هواشناسی است. از سوی دیگر، پایش لحظه‌ای و مکانی وضعیت هوا و پیش‌بینی آب‌وهوا از دیگر کاربردهای این فناوری‌هاست که می‌تواند در تلفیق با اطلاعات هواشناسی و برخی اطلاعات دیگر برای پیش‌بینی شرایط بحرانی، پیش‌آگاهی و اعلام هشدارهای لازم در خصوص شیوع برخی آفات و بیماری‌های گیاهی، وقوع دماهای بحرانی و غیره به کار گرفته شود. بدیهی است این پیش‌بینی‌ها می‌تواند به مدیریت بهینه تولید با کاهش تلفات و خسارت‌های ناشی از تنش‌های زنده و غیرزنده، کاهش مصرف سموم، و به‌تبع آن افزایش عملکرد کمّی و کیفی محصول با هزینه‌های کمتر کمک کند. مانیتورینگ و پایش وضعیت گیاه یا محصول نیز از کاربردهای دیگر تلفیق فناوری‌های اینترنت اشیاء و کلان داده است که می‌تواند به تشخیص کیفیت، سلامت یا نیاز تغذیه‌ای آن کمک کند و با نظارت هوشمند سبب مدیریت بهتر با استفاده بهینه از نهاده‌ها (سم و کود)، افزایش عملکرد کیفی، کاهش تلفات ناشی از آفات و بیماری‌ها، و افزایش عملکرد کمّی با تأمین به‌موقع عناصر تغذیه‌ای گیاه شود. همچنین مانیتورینگ و پایش وضعیت عناصر خاک نیز کاربرد دیگر این فناوری‌هاست که به تعیین نیاز تغذیه‌ای گیاه کمک می‌کند. یکپارچگی فناوری‌های اینترنت اشیاء و کلان داده نه‌تنها برای مانیتورینگ و پایش هوشمند شرایط گیاه یا محصول، همچنین مانیتورینگ و کنترل شرایط مزرعه، باغ، یا گلخانه رواج یافته بلکه در حوزه‌های دیگر کشاورزی مانند دام، طیور و آبزیان نیز توسعه‌یافته است. مانیتورینگ وضعیت یا کنترل شرایط در دامداری‌ها و مرغداری‌ها، و استخرهای پرورش ماهی، نظارت بر وضعیت سلامت، رشد و رفتار دام، طیور و آبزیان به‌صورت هوشمند از کاربردهای مهم این فناوری‌های یکپارچه‌شده است. نظارت بر کارهای مکانیزه کشاورزی و کشاورزان به ترتیب با به‌کارگیری تجهیزات ردیابی نصب‌شده روی ماشین‌های کشاورزی و بدن کشاورزان همچنین، ردیابی زنجیره تأمین غذا و پایش لحظه‌ای شرایط محیطی بسته‌های صادراتی محصولات کشاورزی و غذایی با به‌کارگیری فناوری اینترنت اشیاء یکپارچه با فناوری کلان داده امکان مدیریت بهتر در این زمینه‌ها را فراهم می‌کند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی مفاهیم دو فناوری اینترنت اشیاء و کلان داده از منظر کاربرد در کشاورزی و نقش آن‌ها در توسعه کشاورزی هوشمند پرداخته شد. بررسی‌ها نشان داد که کاربرد دو فناوری اینترنت اشیاء و کلان داده که به هم مرتبط هستند، در حال افزایش است. توسعه روش‌های تحلیل داده‌های کلان مبتنی بر هوش مصنوعی نیز در سال‌های اخیر یکپارچگی این فناوری‌ها را بیشتر و کاربرد آن‌ها را به‌ویژه در کشاورزی افزایش داده است. بنابراین، می‌توان انتظار داشت که کشاورزیِ بهینه در آینده‌ای نه‌چندان دور بدون وجود این فناوری‌ها و استفاده از راه‌حل‌های هوشمند اینترنت اشیاء امکان‌پذیر نباشد. بر این اساس، برنامه‌ریزی برای ایجاد زیرساخت‌های لازم توسعه این فناوری‌ها یا بومی‌سازی آن‌ها با توجه به نیازمندی‌های کشور ضروری و دارای اولویت است.

منابع

1. Zhang, L., Dabipi, I.K., and Brown Jr., W.L. 2018. Internet of Things Applications for Agriculture. In Hassan, Q.F. (ed.), Internet of Things A to Z: Technologies and Applications. First Edition. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. John Wiley & Sons, Inc. pp: 507-528.
2. قربانی، س. 1398. کلان‌داده‌ها: حجم بازار و روند آتی. https://monitoreconomy.ir/ (دسترسی آبان 1398).

3. Lokers, R., Knapen, R., Janssen, S., van Randen, Y., and Jansen, J. 2016. Analysis of Big Data technologies for use in agro-environmental science. Environmental Modelling and Software, 84: 494-504.
4. Feng, C., Wu, H., Zhu, H., and Sun, X. 2012. The design and realization of apple orchard intelligent monitoring system based on internet of things technology. Advanced Materials Research, 546-547: 898-902.
5. Khanna, A., and Kaur, S. 2019. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 157: 218-231.
6. Ping, H., Wang, J., Ma, Z., and Du, Y. 2018. Mini-review of application of IoT technology in monitoring agricultural products quality and safety. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 11(5): 35-45.
7. Sethi, P., and Sarangi, S.R. 2017. Internet of Things: Architectures, protocols, and applications. Journal of Electrical and Computer Engineering, Volume 2017, Article ID 9324035: 1-25.
8. Gartner, 2019. Gartner Hype Cycle. https://www.gartner.com/en/research/methodologies/ (accessed December 2019)
9. Gartner, 2018. Hype cycle for emerging technologies, 2018. https://www.gartner.com/smarterwithgartner (accessed December 2019)
10. Meola, A. 2016. Why IoT, big data & smart farming are the future of agriculture. https://www.businessinsider.com (accessed December 2019)
11. SBL, 2018. Transform your business with Big Data and Internet of Things (IoT). https://blog.sblcorp.com/transform-business-big-data-iot/ (accessed December 2019)
12. Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., and Bogaardt, M.j. 2017. Big Data in Smart Farming – A review. Agricultural Systems, 153: 69-80.
13. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., and Palaniswami, M. 2013. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, 29: 1645-1660.
14. حصارکی، ا. 1397. تحلیل کلان داده (Big Data)، چالش‌ها و فناوری‌های مرتبط. https://blog.faradars.org/big-data-challenges/ (دسترسی آبان 1398).