نشریه علمی «علوم و فنون بسته‌بندی»
سال دوازدهم، شماره ۴۷، پاییز ۱۴۰۰؛ ص ۶۴-۵۷

مروری

ردیابی بسته‌بندی در زنجیره تأمین بر پایه فناوری اینترنت‌اشیاء و بلاک‌چین

مریم رواقی*

استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

(دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۸ ، پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۸)

چکیده

امروزه ایمنی یکی از مهم‌ترین مسائل در صنعت مواد غذایی و از دیدگاه مصرف‌کننده محسوب می‌شود. در این میان واحدهای بسته‌بندی و صنعت حمل‌ونقل از جمله نقاط بحرانی به حساب می‌آیند چرا که محصول غذایی ممکن است به سادگی دستخوش آلودگی‌های محیطی شود. بدین‌منظور فناوری‌های پیشرو همچون اینترنت اشیاء و بلاک‌چین پا به عرصه حضور نهادند. اشیاء مجهز به حسگرهای مختلف (دما، رطوبت، موقعیت مکانی و غیره) با به‌کارگیری اینترنت اشیاء، فناوری چاپ دیجیتال و ارتباطات اینترنتی ایجاد می‌شوند، بدین‌ترتیب سیستم مدیریت ایمنی می‌تواند محصولات غذایی را حین بسته‌بندی، حمل‌ونقل، خرده‌فروشی و سرویس‌دهی به مصرف‌کنندگان ردیابی و رهگیری کند. معمولاً اطلاعات مربوط به معاملات تجاری می‌تواند دستخوش تغییرات شود از این‌رو فناوری بلاک‌چین برای ثبت، رهگیری، و نمایش اطلاعات صحیح در چندین مبدأ (رایانه) برای دسترس تمام اعضا معرفی شد. فناوری بلاک‌چین اساساً یک محیط با شفافیت کاری بالا است که فواید بسیاری شامل کاهش فساد و به حداقل رساندن ضایعات، جلوگیری از تقلب و دست‌کاری محصول بسته‌بندی‌شده، تأیید محصول ارگانیک و محصولی با منشأ تجاری مشخص، و فراخوانی محصولات آلوده فراهم می‌کند. این مقاله با هدف معرفی فناوری‌های بر پایه بلاک‌چین و اینترنت اشیاء برای ردیابی و رهگیری بسته‌بندی در زنجیره تأمین مواد غذایی نگاشته شده است.

کلیدواژه‌ها: اینترنت اشیاء، بسته‌بندی، حمل‌ونقل مدرن، ردیابی، فناوری بلاک‌چین

۱- مقدمه

با افزایش جمعیت تأمین نیازهای غذایی بشر از جمله مسائل مهم دولت‌ها است. بخش عظیمی از محصولات کشاورزی و غذایی که با مشقت فراوان و هزینه زیاد تولید می‌شوند به دلایل متعددی از بین می‌روند [۱]، [۲]. زنجیره تأمین مواد غذایی شامل کلیه مراحل تولید، فراوری، توزیع، مصرف و دفع پسماند است. آن‌چه زنجیره تأمین ماده غذایی را از سایر محصولات متمایز می‌کند، تغییرات پیوسته کیفیت محصول تولیدی تا زمان رسیدن به دست مصرف‌کننده است [۳]، [۴]. در سال‌های اخیر با رشد فزاینده شبکه‌های تأمین مواد غذایی، نیاز به زنجیره‌ای کارآمدتر، شفاف‌تر و با قابلیت ردیابی بهتر، بیش از پیش مشهود است [۵]. به‌علاوه، مصرف‌کنندگان تمایل دارند اطلاعات کاملی در مورد چرخه عمر محصول داشته باشند تا در مورد ایمنی، تازگی و کیفیت آن مطمئن شوند. استفاده از فناوری‌های نوین در این عرصه با بهبود مدیریت ردیابی می‌تواند اطلاعات کافی در مورد محصولات را در سراسر مراحل تولید و توزیع پوشش دهد [۶].

امروزه اینترنت در تمام ابعاد زندگی ما نفوذ کرده است و تسهیلات زیادی را با خود به ارمغان آورده است. واحدهای کسب‌وکار ترجیح می‌دهند به‌جای حضور فیزیکی بتوانند از راه دور و از طریق اینترنت، نظارت، برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی را انجام دهند. اینترنت اشیاء ترکیبی از دو واژه "اینترنت" و "اشیاء" است که در آن بسیاری از اشیاء همچون حسگرها، ابزارها و تجهیزات با استفاده از اینترنت و قابلیت‌های شبکه، به هم مرتبط می‌شوند [۷]. اجسام و تجهیزات موجود در دنیای واقعی، حقیقتی مجازی در فضای اینترنت به دست می‌آورند و اطلاعات جمع‌آوری‌شده را منتقل می‌کنند [۸]. به کمک ابزارهای متصل شده با اینترنت اشیاء، ردیابی و رهگیری محصولات بسته‌بندی‌شده در یک شبکه امکان‌پذیر است؛ بدین‌ترتیب شرکت‌های تولیدکننده محصولات غذایی می‌توانند اطلاعات را در زمان واقعی به دست آورند و تصمیمات هوشمندانه‌ای برای تضمین کیفیت، ارسال به موقع محصول در زنجیره تأمین و آماده‌سازی در شرایط بهینه بگیرند [۹].

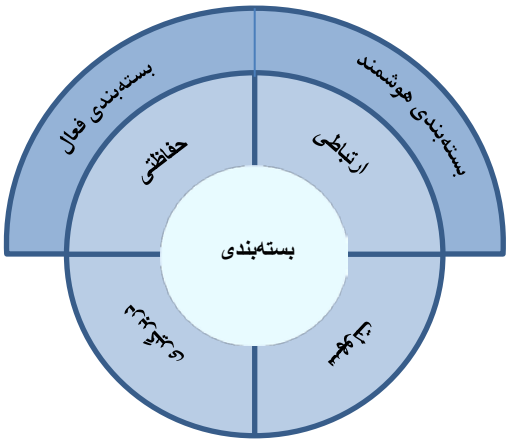
* رایانامه نویسنده مسئول: ravaghi.maryam@gmail.com

درچند دهه اخیر، فناوری اطلاعات و تجارت الکترونیک اثرات مفیدی بر مدیریت زنجیره تأمین مواد غذایی داشته است. بااین‌وجود فناوری اطلاعات و ارتباطات معمولاً تعصب خاصی در زمینه جمع‌آوری و استفاده از داده‌ها ندارد بدین‌ترتیب ذینفعان در هر مرحله می‌توانند اطلاعات را به نفع خودشان دست‌کاری کنند. یکی از روش‌های مؤثر برای جلوگیری از چنین اقداماتی، استفاده از فناوری بلاک‌چین است. فنّاوری بلاک‌چین یک روش امن برای ذخیره‌سازی و مدیریت داده‌ها است [۱۰]. تلفیق اینترنت اشیا و فناوری بلاک چین در سه حوزه: شفافیت منشأ محصول (ردیابی و زنجیره تأمین)، پرداخت (تراکنش‌ها و رمزارزها) و مدیریت (آنالیز و ثبت داده‌ها) کاربرد دارد [۱۱].

استفاده از مبانی بلاک‌چین قابل اعتماد به نظر می‌رسد، چرا که دست‌کاری اطلاعات پس از ثبت بسیار دشوار و تقریباً غیرممکن است. به‌علاوه، ادغام اینترنت اشیاء با فناوری بلاک‌چین به ساده‌تر شدن قابلیت ردیابی و کارآیی بهتر آن کمک می‌کند ضمن آن‌که مدت‌زمان معامله را نیز به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد [۶]. با توجه به اهمیت مباحث ذکرشده در آینده زنجیره تأمین محصولات غذایی در این مقاله سعی شد به بررسی روش عملکرد این روش‌ها پرداخته شود.

۲- اهمیت بسته‌بندی هوشمند در اینترنت اشیاء

با افزایش سطح آگاهی مصرف‌کنندگان و تمایل به مصرف غذاهای کاملاً ایمن، تقاضا برای افزایش سطح فنّاوری در بسته‌بندی و حمل‌ونقل گسترش یافته است. مطابق شکل (۱) بسته‌بندی دارای چهار رکن اساسی است. در سال‌های اخیر از نظر رکن ارتباطی، شاهد حرکت از بسته‌بندی‌های متداول به سمت انواع هوشمند هستیم.



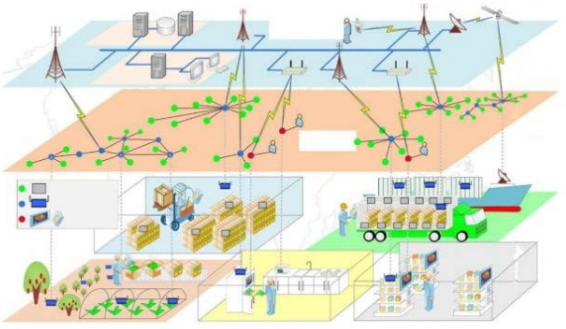
شکل (۱): مدل ارکان بسته‌بندی [۹].

بسته‌بندی هوشمند یکی از ابزارهای جدید فنّاوری برای تضمین کیفیت و ایمنی محصولات است. بسته‌بندی‌های هوشمند دارای حسگرهای شیمیایی و زیست‌حسگرهایی است که به کمک آن‌ها می‌توان شرایط ماده غذایی به لحاظ ایمنی، تازگی، شرایط میکروبی، حضور پاتوژن‌ها، نشت، وجود مواد آلاینده و خطرناک مانند آفت‌کش، مقدار گازهای اطراف محصول مانند اکسیژن و دی‌اکسیدکربن، pH، زمان و دما را پایش کرد.برای مثال همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است شاخص رنگی در حسگر در ابتدا سفید رنگ است اما در تماس با دماهای بیش از محدوده بحرانی (برحسب نوع ماده غذایی و شرایط نگهداری متغیر است) از مخزن انتهایی شروع به حرکت در طول نوار می‌کند؛ بدین ترتیب رنگ آبی در ابتدا از پنجره سمت چپ شروع به ظهور می‌کند و به‌تدریج از سمت چپ به سمت راست حرکت می‌کند. سرعت حرکت رنگ در نوار وابسته به دمای نگهداری است [۱۲].

شکل (۲): حسگر با شاخص دما زمان [۱۲].

۳- حمل‌ونقل مدرن و اینترنت اشیاء

شکل (۳) شمایی کلی از کاربرد اینترنت اشیا در زنجیره تأمین مواد غذایی را نشان می‌دهد. با به‌کارگیری اینترنت اشیا ارتباطات بین تولیدکننده، شبکه حمل و نقل و مصرف‌کننده به خوبی برقرار می‌شود در این حالت چنان چه مشکلی ایجاد شود برای مثال دما بیش از حد بالا رود، سیستم هشدار یک سیگنال به سیستم سرمایش برای تهویه بهتر و ایجاد رایط مطلوب ارسال می‌کند. این مسئله در مورد سایر پارامترهای مهمی همچون رطوبت، ترکیب گازی، فشار و شرایط مشابه دیگر نیز کاربرد دارد. به‌علاوه، مدیر زنجیره از هرگونه اخطار نیز مطلع می‌شود [۱۳].



شکل (۳): اینترنت اشیا در زنجیره تأمین مواد غذایی [۱۴].

استفاده از برچسب‌های مختلف برای تبادل اطلاعات مانند برچسب فرکانس رادیویی، ارتباطات میدان نزدیک[1]، بارکد، کیوآرکد[2] و غیره در این زمینه کاربرد یافته است [۱۵]. استفاده از هر فنّاوری مزایا و معایب خاص خود را دارد. امروزه برچسب‌های بر پایه فرکانس رادیویی با قابلیت ردیابی اشیاء و دارای قیمت مناسب، بیشترین کمک را به این صنعت کرده‌اند. محموله‌های در حال حرکت همانند شکل (۴) با استفاده از این برچسب‌ها به‌سادگی قابل رهگیری هستند [۱۳]. در شرایط مناسب می‌توان از فنّاوری حسگر بی‌سیم برای رهگیری مواد غذایی استفاده کرد [۱۶]. سیستم پایش بی‌سیم، در صورت بروز مشکلاتی مانند تغییرات دما و رطوبت، باز ماندن درب انبار یا سردخانه به رایانه، تلفن هوشمند و تبلت پیام اعلان‌خطر می‌فرستد. این سیستم به مراتب سریع‌تر از شیوه‌های زمان‌بر و پرهزینه تجزیه و تحلیل خطر و کنترل نقاط بحرانی[3] است. به‌علاوه، شبکه بی‌سیم این امکان را فراهم می‌آورد که شبکه‌های حسگری در محیط خودرو ایجاد و ایمنی بسته‌های غذایی حین حمل‌ونقل در زمان واقعی پایش شود. این حسگرها می‌توانند شامل انواع ساده و پیچیده باشند. در این روش اطلاعات برای صاحب خودرو نمایش داده می‌شود یا در حالات پیشرفته‌تر امکان پایش برای کلیه کاربران فضای مجازی مانند مصرف‌کنندگان فراهم می‌شود [۹]. در این شرایط نه تنها اطلاعات در زمان واقعی منتقل می‌شوند بلکه هریک از افراد دخیل در زنجیره تأمین می‌توانند اطلاعات دقیقی در مورد زمان باقیمانده از ماندگاری محصول داشته باشند. برای مثال چنانچه کامیون حامل محصول دچار اختلال در سیستم سرمایش شود و دما بیش از میزان معینی بالا رود در این حالت توزیع‌کننده با علم به این مطلب می‌تواند در مورد توزیع بار در سطح خرده‌فروشی یا عودت آن به تولیدکننده تصمیم‌گیری کند. به‌علاوه، خریدار نیز می‌تواند چنین محصولی را به مقدار کم و در حد نیاز بخرد تا از بروز ضایعات فراوان جلوگیری شود [۱۷].

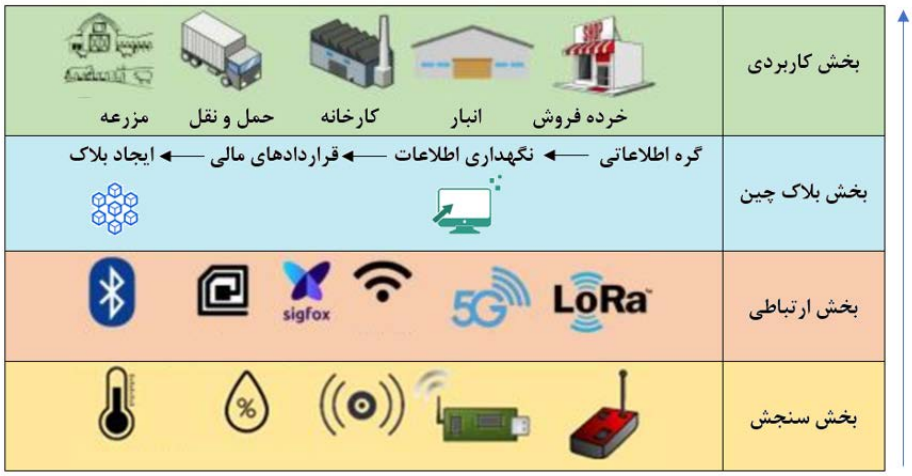
۴- روش عملکرد اینترنت اشیاء و فناوری بلاک‌چین

در اینترنت اشیاء پس از سنجش ویژگی‌های موردنظر کلیه اطلاعات اعم از دما، رطوبت، مکان جغرافیایی و سایر ویژگی‌ها، بسته به ماهیت محصول بسته‌بندی‌شده جمع‌آوری می‌شود. در مرحله بعد اجزای واقعی، ماهیتی مجازی به دست می‌آورند و در بستر اینترنت به‌عنوان فضای ذخیره‌سازی و ارتباطی قابل ردیابی و تبادل اطلاعات هستند [۱۹].

فناوری اینترنت اشیاء مجهز به بلاک‌چین از چهار بخش (لایه) اصلی شامل بخش سنجش، بخش ارتباطی و شبکه (انتقال داده)، بخش بلاک‌چین و بخش کاربردی (ذخیره‌سازی و کاربری داده‌ها) تشکیل می‌شود (شکل ۵).

شکل (۴): بخش حسگری و ارتباطی داخل خودرو [۱۸].

[1] Nestle
[1] Walmart
[1] IBM



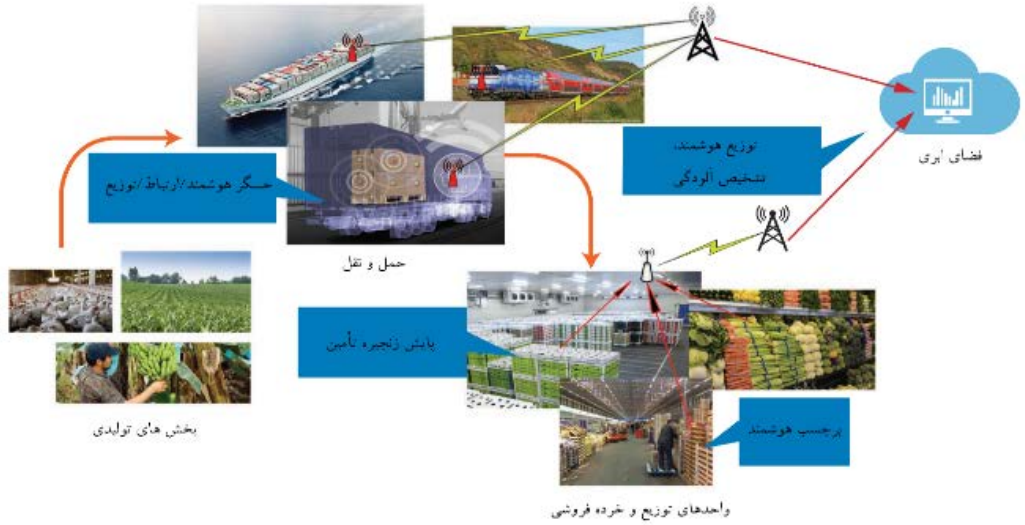
شکل (۵): معماری فناوری اینترنت اشیاء و بلاک‌چین در زنجیره تأمین مواد غذایی [۶].

در بخش سنجش یا لایه حسی اطلاعات توسط حسگرها جمع‌آوری می‌شود. مهم‌ترین داده‌های جمع‌آوری‌شده در این مرحله شامل اطلاعات دما، رطوبت، دی‌اکسیدکربن، فلزات سنگین، مکان و دیگر فاکتورهای محیطی است که بر شرایط محصول فسادپذیر حین بسته‌بندی و حمل‌ونقل اثرگذار است [۹]. با توسعه نانوتکنولوژی، استفاده از نانوحسگرها باعث افزایش دقت اندازه‌گیری و امنیت سامانه‌های فراوری، بسته‌بندی و حمل‌ونقل شده است. بسته‌های دارای نانوحسگر می‌توانند مانند بارکدهای الکترونیکی عمل کنند و برای بررسی شرایط درونی و بیرونی بسته‌بندی محصول غذایی کاربرد دارند [۲۰]. این حسگرها بایستی بتوانند سیگنال‌هایی منتشر کنند تا محصول از مزرعه تا کارخانه و پس از آن تا سوپرمارکت‌ها و رسیدن به دست مصرف‌کننده را رهگیری کنند. به عبارت دیگر نتایج حاصل از تشخیص حسگر باید برای پردازش به یک رایانه منتقل شود. انتقال بی‌سیم اطلاعات معمولاً به شیوه‌های مختلفی صورت می‌گیرد اما ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش، به‌کارگیری فناوری‌هایی مانند شناساگر فرکانس رادیویی است [۹]. شناساگر فرکانس رادیویی یک سامانه شناسایی بی‌سیم اســت که از سیگنال‌های الکترونیکی و الکترومغناطیسی برای خواندن و نوشتن داده‌ها استفاده می‌کند. برچسب به‌وسیله ای که قصد ردیابی آن است متصل می‌شود و انتقال اطلاعات بدون تماس مستقیم برچســب و دســتگاه کدخوان صورت می‌گیرد. شکل (۶) نمونه‌ای از یک برچسب فرکانس رادیویی را نشان می‌دهد [۲۱].

بخش دوم لایه شبکه یا لایه ارتباطی است که برای ارتباط مؤثر داده‌ها از لایه حسی به لایه بلاک‌چین استفاده می‌شود. در این بخش اطلاعات مثلاً داده‌های مربوط به دما توسط یک پل اطلاعاتی مانند اینترنت به لایه بلاک‌چین ارسال می‌شود [۶]. قابلیت شبکه‌ای شدن یکی از هسته‌های اصلی وسایل اینترنت اشیاء است که در آن داده‌های جمع‌آوری‌شده برای ذخیره‌سازی، تجزیه‌وتحلیل و تولید دانش می‌توانند به راه دور ارسال شوند [۲۲]، [۲۳]. شکل (۷) ارتباطات بخش حسگری و ارتباطی در زنجیره تأمین مواد غذایی تازه را نشان می‌دهد.

بخش سوم لایه بلاک‌چین است که در آن تمام اطلاعات در بانک اطلاعات در تمام گره‌ها (نقاط جمع‌آوری و ورود اطلاعات) در شبکه نگهداری می‌شوند. با ورود اطلاعات یک نسخه از آن در تمام بانک‌های اطلاعاتی ثبت می‌شود. بدین ترتیب برای این‌که داده‌ای دست‌کاری و یا حذف شود، باید پنجاه و یک درصد بانک اطلاعات تغییر کند که در عمل تقریباً غیرممکن است. از آن‌جایی که داده‌ها تغییر نمی‌کنند مصرف‌کننده از شفافیت روند تولید تا مصرف مطمئن خواهد بود. اطلاعات ذخیره‌شده در پایگاه‌داده که به یک محصول خاص مربوط می‌شود، با یک کد شناسایی منحصر به فرد به نام هش (درهمک یا یکپارچه‌ساز) ذخیره می‌شود. بدین ترتیب، یک بلوک ایجاد، تأیید و پیاده‌سازی خواهد شد [۶]. در مرحله بعد اطلاعات حاصل از مرحله جدید همراه با هش بلوک قبل، یک بلوک جدید با هش جدید ایجاد می‌کند. بدین‌ترتیب بلوک‌ها به‌صورت زنجیروار به یکدیگر متصل می‌شوند. تغییر اطلاعات در هر مرحله باعث تغییر کلی هش می‌شود [۲۴]، [۲۵].

شکل (۶): برچسب فرکانس رادیویی [۲۳].



شکل (۷): معماری بخش حسگری و ارتباطی در زنجیره تأمین موادغذایی تازه [۱۸].

بخش چهارم که مهم‌ترین بخش اینترنت اشیاء را تشکیل می‌دهد لایه کاربردی است.هدف این لایه، دسترسی به داده‌های ذخیره‌شده در پایگاه‌داده و ارائه آن به طرف‌های مربوطه از طریق نرم‌افزارها یا برنامه‌های کاربردی نصب‌شده روی گوشی هوشمند است. در این بخش کاربر می‌تواند یک نظام اینترنت اشیاء را پایش یا مدیریت کند [۲۲]. برای شناسایی در سطح پالت و کانتینر معمولاً از فرکانس رادیویی و برای شناسایی یک واحد بسته‌بندی‌شده، معمولاً از بارکد و کیوآرکد استفاده می‌شود [۲۳]. پس از ورود کد شناسایی منحصربه‌فرد محصول در برنامه طراحی‌شده، داده‌های مربوطه شناسایی و نمایش داده می‌شوند. این کد برای هر محصول منحصربه‌فرد بوده و می‌تواند توسط تلفن‌های همراه جدید و سایر دستگاه‌های هوشمند خوانده شود. پس از آن کلیه اطلاعات و داده‌های مربوطه با دسترسی به اینترنت برای کاربر قابل نمایش است [۶].

۵- کاربرد

۵-۱- منشأ محصولات غذایی

شناسایی منشأ محصولات غذایی برای بسیاری از مصرف‌کنندگان مهم و بعضاً حیاتی است که در این‌جا با چند مثال بیان شده است. شناسایی اجزاء محصولات غذایی و تأیید آن‌ها همواره یک فاکتور مهم برای قضاوت و خرید مصرف‌کننده است. محل کشت محصول، خطرات مرتبط با مصرف محصولات تراریخته، میزان و نوع سم و کود مصرفی، حساسیت به مصرف برخی محصولات کشاورزی، افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان برای مصرف غذاهای تازه، سالم و مغذی همگی از عوامل محرک توسعه فناوری‌های جدید بر پایه اینترنت اشیا و بلاک‌چین است [۲۶].

غذاهای حلال و کوشر به غذاهایی گفته می‌شوند که به ترتیب مطابق آیین اسلام و یهودیت پاک به حساب می‌آیند. این مسئله در مورد تمام اجزا فرمول‌های غذایی اهمیت دارد. امروزه حسگرهای متعددی برای تشخیص این غذاها طراحی و ساخته شده است. چاندرا و همکاران [۲۷] از فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا برای ردیابی غذاهای حلال استفاده کردند. در زنجیره غذایی معمولاً قوانین کاملی برای غذاهای حلال وجود ندارد. به‌علاوه، سخت‌گیری بیش از حد در زمان صدور مجوزها کار را برای تولیدکننده دشوار می‌سازد. استفاده از فناوری بلاک‌چین می‌تواند به تأیید منشأ محصول کمک کند و با ایجاد شفافیت خواسته‌های مصرف‌کننده را برطرف کند.

۵-۲- جلوگیری از تقلب

تقلب در محصولات غذایی تأثیر نامطلوبی بر تمام متصدیان زنجیره تولید و توزیع غذایی دارد. این مسئله خصوصاً در محصولات گران با ویژگی‌های خاص بیشتر رخ می‌دهد. گالوز و همکاران [۲۸] نشان دادند که استفاده از بلاک‌چین می‌تواند به ذینفعان زنجیره تأمین کمک کند تا اطلاعات کاملی در خصوص تاریخچه، منشأ و مکان فعلی محصول به دست آورند. دستیابی به این اطلاعات ریسک بسیاری از انواع تقلب را کاهش می‌داد. معمولاً عدم شفافیت زمینه‌ساز تقلب در محصولات غذایی است. توسعه فناوری بلاک‌چین منجر به یکپارچگی نمایش داده‌های دیجیتالی مرتبط با اطلاعات فیزیکی غذا می‌شود.

لو و همکاران [۲۹] از فناوری یادگیری ماشین را همراه بلاک‌چین استفاده کردند. این مدل بر اساس عکس‌های ظاهری و حرارتی برای تمایز گوشت گاو تغذیه‌شده با غلات از گوشت گاو تغذیه‌شده با علف (شکل ۸) استفاده شد. فناوری بلاک‌چین نیز به‌عنوان یک سیستم تشویقی (پاداش) برای ایجاد انگیزه در عرضه صادقانه محصولات غذایی استفاده شد.

شکل (۸): گوشت حاصل از تغذیه با غلات (شکل چپ)، گوشت حاصل از تغذیه با علف (شکل راست) [۲۹].

۵-۳- ایمنی

در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری در این خصوص صورت گرفته است. شرکت‌هایی همچون نستله[1]، وال‌مارت[2] و آی‌بی‌ام[3] در زمینه کاربرد بلاک‌چین برای مدیریت زنجیره تأمین با کارایی بالا مطالعاتی انجام داده‌اند تا ایمنی محصولات خود را تضمین کنند. گرچه عملی شدن کامل این پروژه‌ها همچنان با مشکلاتی روبرو بوده است اما به‌عنوان یک گزینه قدرتمند برای کنترل ایمنی محصولات در زنجیره تأمین مطرح است [۳۰]. شرکت وال‌مارت از فناوری بلاک‌چین برای بررسی جریان محصولات در زنجیره تأمین و میزان معطل ماندن محصول در مرز استفاده کرده است. به‌علاوه، چنانچه یکی از اجزاء محصول مشکلی برای سلامتی داشته باشد محصول بایستی مرجوع شود. به‌کارگیری این فناوری شناسایی و روند مرجوع کردن محصولات را تسهیل می‌کند [۳۱]. این شرکت پس از اجرای دو پروژه موفق در زمینه ایمنی گوشت‌خوک و انبه، تمام تأمین‌کنندگان سبزیجات‌برگی را ملزم به استفاده از فناوری بلاچین کرد. این شرکت کاربرد فناوری بلا-چین را برای توت‌فرنگی، گوشت‌مرغ، ماست و غذای کودک نیز توسعه داد. تأمین‌کنندگان باید داده‌ها را از طریق فناوری بلاک‌چین بارگذاری کنند تا مصرف‌کننده اطلاعات صحیح و کاملی در خصوص منشأ و فرایند تولید به‌دست آورد [۳۲].

۵-۴- قیمت و تراکنش‌های مالی

سامانه‌های بر پایه بلاک‌چین باعث افزایش شفافیت و حفظ و حراست اطلاعات در معاملات می‌شود. از آن‌جاکه قیمت محصولات در سطوح مختلف توزیع محصولات، به‌طور قابل‌توجهی تغییر می‌کند. همواره شناسایی بازیگر اصلی در تعیین قیمت محصولات یک سؤال بحث‌انگیز برای تمام عوامل دخیل در زنجیره تأمین است. پایش زنجیره تأمین با فناوری بلاک‌چین می‌تواند به حل این معضل کمک کند [۲۶]. استفاده از رمزارزها که خود بر پایه بلاک‌چین طراحی شده‌اند نیز کار را برای صادرکنندگان و واردکنندگان آسان خواهد کرد. این روش مشکلات بانکی ناشی از انتقال ارز را رفع خواهد کرد.

۵-۵- کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی

مسائل زیست‌محیطی از جمله مباحث مهم دانشگاهی، صنعتی و نهادهای دولتی است. این مسئله از جریان ماده خام طبیعی آغاز می‌شود و پس از فرایند تولید و فعالیت‌های اقتصادی مرتبط تا زمان مصرف و حتی پس از آن ادامه می‌یابد. فعالیت‌های اقتصادی در مراحل اولیه با کاهش و کمبود منابع طبیعی و در مراحل بعدی با ایجاد آلودگی آب‌وهوا، کمبود آب و فرسایش خاک همراه است [۳۲]، [۳۳]. کاهش ضایعات پلاستیکی و بازیافت یکی از مسائل مهم در دنیا و خصوصاً کشورهای در حال‌توسعه است. با ورود فناوری بلاک‌چین ثبت اطلاعات مرتبط با بازیافت و تفکیک ضایعات امکان‌پذیر شده است [۳۴].

یکی دیگر از اثرات زیست‌محیطی ردپای کربنی میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای است که طی زمان باعث اثرات مخرب زیست‌محیطی و تغییرات اقلیمی می‌شود. روسادو داکروز و همکاران [۳۵] یک برنامه کاربردی با بستر بلاک‌چین توسعه دادند که مصرف‌کننده به کمک آن به اطلاعاتی از قبیل منشأ و مقدار ردپای کربنی محصول دست می‌یافت. بدین‌ترتیب تولیدکننده و مصرف‌کننده می‌توانست اطلاعات درستی در مورد اثرات محصول بر محیط‌زیست به دست آورد. این مسئله طی سال‌های آینده اهمیت بسزایی بر فروش محصولات خواهد گذاشت.

۶- چالش‌ها

کاربرد اینترنت اشیا و فناوری بلاک‌چین با بهبود کارایی و حذف ریسک‌های مرتبط باعث تحول در زنجیره تأمین مواد غذایی می‌شود. گرچه مطالعات آزمایشی بازخوردهای مثبتی را در پی داشته است اما این فناوری هنوز نیاز به رشد و توسعه دارد. بسیاری از افراد زنجیره تأمین مواد غذایی هنوز شناخت صحیح و کاملی از مزایای این فناوری ندارند. از سوی دیگر بر خلاف روش‌های سنتی، در این فناوری تمامی ذینفعان باید مشارکت کنند و هماهنگ کردن آن‌ها خصوصاً در مورد بنگاه‌های کوچک کاری بس دشوار است. زنجیره تأمین مواد غذایی گسترده و با کاربران فراوان است از این‌رو پردازش این حجم از اطلاعات و تأمین زیرساخت‌ها کاری دشوار است. به‌علاوه، همچنان خطر دست‌کاری اطلاعات در زمان بارگذاری و دست‌کاری حسگرها

[1] Nestle
[2] Walmart
[3] IBM

وجود دارد از این‌رو همواره اشخاص ثالث و سامانه‌های دولتی باید بر صحت اطلاعات نظارت کنند [۳۱]. این روش برای پیشرفت به حمایت صنایع بزرگ و سرمایه‌گذاری کلان برای دریافت، پردازش و تبادل حجم وسیعی از اطلاعات نیاز دارد. مشکلات زیرساختی و عدم دسترسی به اینترنت در برخی نقاط زنجیره‌تأمین از جمله موارد مهم مورد تأمل است [۲۸].

۷- نتیجه‌گیری

با رشد جمعیت و افزایش شبکه های تأمین مواد غـذایی، نیـاز بـه زنجیره‌هایی باقابلیت‌های بیش از پیش مورد نیاز است. محصولات غذایی حین این زنجیره ممکن است دستخوش تغییرات نامطلوب، آلودگی و تقلب شوند از این رو ردیابی بسته‌های غذایی در زنجیره تأمین اهمیت یافته اسـت. اینترنـت اشـیا و فنـاوری بـلاک‌چـین تمامی اطلاعات زنجیره تأمین را به‌صورت بلوک‌های غیرقابل‌تغییر درمی‌آورد تا شفافیت و کارایی افـزایش یابـد. بـا ایـن‌وجـود ایـن فناوری نیازمند زیر ساخت قوی اینترنتی، سـامانه هـای پیشـرفته سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برای دریافت، پـردازش و تبـادل حجـم وسیعی از اطلاعات و شیوه‌های نوین بسته‌بندی و شبکه حمـل‌و-نقل هوشمند است. علی‌رغم چالش‌های موجود، این فناوری باعث افـزایش شـفافیت، تشـخیص منشـأ محصـولات غـذایی، کـاهش ضایعات و اثرات زیست‌محیطی، بهبود بهره وری، افزایش ایمنـی و کیفیت می‌شود. بسیاری از شرکت‌های معروف در دنیا پروژه‌هـای آزمایشی موفقی در این زمینه اجرا کرده‌اند و در حـال تعمـیم آن به سایر محصولات هستند و در آینده نزدیک شـاهد توسـعه ایـن فناوری در کشورهای مختلف خواهیم بود.

۸- مراجع

[1] R. D. Raut, B. B. Gardas, V. S. Narwane, and B. E. Narkhede, “Improvement in the Food Losses in Fruits and Vegetable Supply Chain - A Perspective df Cold Third-Party Logistics Approach,” Oper. Res. Perspect., vol. 6, no. January, p. 100117, 2019.

[2] H. Hadadi, M. Ghahderijani, M. Jafari-Nasab, and M. Emami, “The importance of developing agricultural processing and complementary industries in rural development for sustainable food security,” in The Second National Seminar on Food Security, Savadkooh, Iran, pp. 1-6, 2012 (In Persian).

[3] M. Haji, L. Kerbache, M. Muhammad, and T. Al-Ansari, “Roles of Technology in Improving Perishable Food Supply Chains _ Enhanced Reader.pdf,” Logistics, vol. 4, no. 33, pp. 1-24, 2020.

[4] M. Ben-daya, E. Hassini, Z. Bahroun, and B. H. Banimfreg, “The Role of Internet of Things in Food Supply Chain Quality Management : A review,” Qual. Manag. J., vol. 0, no. 0, pp. 1–24, 2020.

[5] G. Alfian, et al., “Improving Efficiency of RFID-based Traceability System for Perishable Food by Utilizing IoT Sensors and Machine Learning Model,” Food Control, vol. 110, p. 107016, 2020.

[6] A. Rahimi, and M. Besharatifard, “Investigating the function of IoT and blockchain in food industry tracking capability,” in 2nd International Conference on Knowledge Management, Blockchain and Economics, Tehran, Iran, pp. 1-6, 2020 (In Persian).

[7] C. Verdouw, H. Sundmaeker, B. Tekinerdogan, D. Conzon, and T. Montanaro, “Architecture Framework of Iot-Based Food and Farm Systems : A Multiple Case Study,” Comput. Electron. Agric., vol. 165, pp. 1–26, 2019.

[8] G. Elavarasi, G. Murugaboopathi, and S. Kathirvel, “Fresh Fruit Supply Chain Sensing and Transaction Using IoT,” in 2019 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS), Tamilnadu, India, pp. 1–4, 2019.

[9] M. Maksimovic, V. Vujović, and E. Omanović-Mikličanin, “Application of Internet of Things in Food Packaging and Transportation,” Int. J. Sustain. Agric. Manag. Informatics, vol. 1, no. 4, pp. 333–350, 2015.

[10] A. Omidi-Ghasemabad, “Application of blockchain technology in the development of online sales of agricultural products in Rudsar and Amlash,” in Fifth National Conference on New Ideas in Engineering, Rasht, Iran, pp. 1-8, 2020 (In Persian).

[11] P. W. Khan, Y.-C. Byun, and N. Park, “IoT-Blockchain Enabled Optimized Provenance System for Food Industry 4.0 Using Advanced Deep Learning,” Sensors, vol. 20, no. 2990, pp. 1–24, 2020.

[12] E. Mohebi and L. Marquez, “Intelligent Packaging in Meat Industry: An Overview of Existing Solutions,” J. Food Sci. Technol., vol. 52, pp. 3947–3964, 2015.

[13] C. C. Aggarwal, “Managing and Mining Sensor Data,” New York: Springer Science+Business Media, 2013.

[14] G. Witjaksono, A. A. S. Rabih, N. Yahya, and S. Alva, “IoT for Agriculture: Food Quality and Safety,” in IOP Conference series, Materials science and engineering, Bali, Indonesia, 343, 2018.

[15] M. J. Beliatis, N. Lohacharoenvanich, and A. A. Aagaard, “Internet of Things for a Sustainable Food Packaging Ecosystem Insights From a Business Perspective,” in Internet of Things for a sustainable food packaging ecosystem insight from a business perspective, pp. 1–6, 2019.

[16] T. Miller, “Elektron Launches Wireless Food Safety Monitoring System,” 2013. [Online]. Available: http://www.foodqualitynews.com/R-D/Elektron-launches-wireless-food-safety-monitoringsystem?utm_source=copyright&utm_medium=OnSite&utm_campaign=copyright . [Accessed: 19-Aug-2021].

[17] G. Ostojić, S. Stankovski, S. Tegeltija, N. Đukić, and B. Tejić, “Implementation of IoT for Food Wastage Minimisation,” in XVII International Scientific Conference on Industrial Systems, Novi Sad, Serbia, pp. 116–121, 2017.

[18] A. Pal and K. Kant, “IoT-Based Sensing and Communications Infrastructure for the Fresh Food Supply Chain,” Computer (Long. Beach. Calif)., pp. 76–80, 2018.

[19] M. Rezaei, and Rabiee, “The role of machine vision system and IoT in the food supply chain, ” in The first international conference on new achievements in science and technology, Gharchak, Iran, pp. 1-8, 2017 (In Persian).

[20] S. J. Wesley, P. Raja, A. A. S. Raj, and D. Tiroutchelvamae, "Review on – Nanotechnology Applications in Food Packaging and Safety," Int. J. Eng. Res., vol. 3, no. 11, pp. 645–651, 2014.

[21] A. Keshavarzpour, A. Siahbazi, S. Katebi, and M. Aminilari, "Investigating the theory of RFID-based identification systems and comparing them with barcode-based identification systems," Quarterly Journal of New Ideas in Technology, vol. 1, no. 2, pp. 1–14, 2016 (In Persian).

[22] N. Bagheri, "IoT and its applications in agriculture," Journal of Agricultural Information Sciences and Technology, vol. 2, no. 4, pp. 11–19, 2019 (In Persian).

[23] E. Rahmanipanah, A. Tajfar, and M. gheisari, "Control and management of the food supply chain using Internet technology of objects," Fourth International Conference on Applied Research in Management and Accounting, Tehran, Iran, pp. 1-13, 2016 (In Persian).

[24] S. Madumidha, P. Siva Ranjani, U. Vandhana, and B. Venmuhilan, "A Theoretical Implementation: Agriculture-Food Supply Chain Management Using Blockchain Technology," Proc. 2019 TEQIP - III Spons. Int. Conf. Microw. Integr. Circuits, Photonics Wirel. Networks, IMICPW 2019, pp. 174–178, 2019.

[25] H. Feng, X. Wang, Y. Duan, J. Zhang, and X. Zhang, "Applying Blockchain Technology to Improve Agri-Food Traceability: a Review of Development Methods, Benefits and Challenges," J. Clean. Prod., vol. 260, 2020.

[26] T. H. Pranto, A. A. Noman, A. Mahmud, and A. B. Haque, "Blockchain and smart contract for IoT enabled smart agriculture," PeerJ Comput. Sci., vol. 7, pp. 1–29, 2021.

[27] G. R. Chandra, I. A. Liaqat, and B. Sharma, "Blockchain Redefining: The Halal Food Sector," Proc. - 2019 Amity Int. Conf. Artif. Intell. AICAI 2019, pp. 349–354, 2019.

[28] J. F. Galvez, J. C. Mejuto, and J. Simal-Gandara, "Future challenges on the Use Of Blockchain for Food Traceability Analysis," TrAC - Trends Anal. Chem., vol. 107, pp. 222–232, 2018.

[29] S. K. Lo, et al., "Digital-Physical Parity for Food Fraud Detection," Springer International Publishing, vol. 11521 LNCS, 2019.

[30] D. Mao, F. Wang, Z. Hao, and H. Li, "Credit Evaluation System Based on Blockchain for Multiple Stakeholders in the Food Supply Chain," International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 15, no. 8. 2018.

[31] J. Duan, C. Zhang, Y. Gong, S. Brown, and Z. Li, "A Content Analysis Based Literature Review in Blockchain Adoption within Food Supply Chain," Int. J. Environ. Res. Public Health, vol. 17, no. 1784, pp. 1–17, 2020.

[32] A. Park and H. Li, "The Effect of Blockchain Technology on Supply Chain Sustainability Performances," Sustain., vol. 13, no. 4, pp. 1–18, 2021.

[33] M. Ghiasabadi-Farahani, P. Ghafari-Ashtiani, S. Gholipour-Fereidooni, and H. Shababi, "Identify the Factors Affecting the Desire to Buy Green Packaging," Scientific Quarterly Journal of Packaging Science and Technology, vol. 12, no. 45, pp. 6–21, 2021 (In Persian).

[34] A. Kamilaris, A. Fonts, and F. X. Prenafeta-Boldú, "The Rise of Blockchain Technology in Agriculture and Food Supply Chains," Trends Food Sci. Technol., vol. 91, pp. 640–652, 2019.

[35] A. M. R. da Cruz, F. Santos, P. Mendes, and E. F. Cruz, "Blockchain-Based Traceability of Carbon Footprint: A Solidity Smart Contract for Ethereum," ICEIS 2020 - Proc. 22nd Int. Conf. Enterp. Inf. Syst., Prague, Czech Republic, vol. 2, no. Iceis, pp. 258–268, 2020.

Tracing of Packages in Supply Chain Based on IoT and Blockchain Technologies

Maryam Ravaghi [*]

*Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

(Received: 30/08/2021; Accepted: 27/02/2022)

Abstract

Nowadays, safety is one of the most important principles in food industry and consumer preference. Regarding this issue, packaging units and transport industry are among the most critical points because food products can be contaminated easily by environmental factors. For this purpose, cutting edge technologies such as IoT (Internet of things) and blockchain are emerged. Smart things equipped with different sensors (temperature, humidity, location and etc.) can be created by using IoT, digital printing technologies and internet connection therefore safety management system can track and trace food products during packaging, transportation, retailing and consumer service. Usually data of transactions are susceptible to alteration so blockchain technology was introduced to record, track, and display accurate information in multiple nodes (computers) for all members' access. Blockchain technology makes a radically transparent environment with different advantages such as minimizing food spoilage and wastage, inhibition of fraud and tampering of packages, certifying organic and fair-trade origins of products, and recalling of contaminated products. This paper introduces the IoT and blockchain based technologies for tracking and tracing of packages in food supply chain.

Keywords: IoT, Food Packaging, Modern Transportation, Traceability, Blockchain Technology

[*]Corresponding Author E-mail: ravaghi.maryam@gmail.com