طراحی و ارائه مدل مفهومی مدیریت موجودی ابری براساس تکنولوژی RFID

دریافت: ۹۶/۶/۷ پذیرش: ۹۷/۳/۷

علی علیزاده زوارم
دانشجوی دکتری مدیریت تحقیق در عملیات، دانشگاه فردوسی مشهد، و عضو پژوهشی جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران (نویسنده مسئول)
ali.alizadeh@mail.um.ac.ir

احمد توکلی
استادیار گروه مدیریت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
tavakoli-a@mail.um.ac.ir

مدیریت موجودی / رایانش ابری / سیستم شناسایی خودکار / شناسایی با امواج رادیویی (RFID)

چکیده

سیستم شناسایی با امواج رادیویی (RFID) با ویژگی‌های خاص خود به عنوان یکی از کارآمدترین سیستم‌های شناسایی خودکار توانسته است تا حدود زیادی مشکلات کنترل موجودی را مرتفع سازد. اگرچه برخی از شرکت‌ها از تکنولوژی RFID در سیستم مدیریت موجودی بهره گرفته‌اند، اما استفاده از این تکنولوژی به تنهایی و به طور مستقل نتوانسته است تا حد زیادی مشکلات مربوط به مدیریت موجودی را در زنجیره تأمین برطرف نماید. هدف این مقاله طراحی و ارائه مدل مفهومی مدیریت موجودی ابری به عنوان یک سیستم یکپارچه مدیریت موجودی در سرتاسر زنجیره تأمین می‌باشد. در این مدل، از رایانش ابری در سیستم مدیریت موجودی در کنار تکنولوژی RFID بهره گرفته شده است که این امکان را فراهم می‌آورد تا هریک از اجزای زنجیره تأمین بتوانند علاوه بر استفاده از مزایای RFID به طور مستقل، از جریان اطلاعات موجودی در سرتاسر زنجیره تأمین در قالب گزارشاتی هدفمند آگاهی یافته و از این طریق، با دقت و سرعت قابل توجهی بر موجودی‌های خود کنترل و مدیریت داشته باشند.

مقدمه

از ابتدای پیدایش مطالعات کلاسیک در زمینه مدیریت علمی، مبحث کنترل موجودی‌ها و چگونگی تصمیم‌گیری در مورد آن‌ها از مشغله‌های فکری مدیران می‌باشد [۱]. در این راستا، مسأله دقت در سیستم‌های کنترل موجودی از مهم‌ترین مسائلی است که همواره مطرح بوده است، چرا که یک مدیر موجودی

بایستی براساس همین سیستم، زمان و چگونگی تدارک مجدد را تعیین نماید. در حالی که بسیاری از شرکت‌ها سرمایه‌گذاری‌های عظیمی بر روی اتوماسیون‌سازی و بهبود فرایندهای مدیریت موجودی دارند، اما شواهد حاکی از آن است که در بسیاری از موارد، اطلاعات ثبت شده موجودی و موجودی فیزیکی به ندرت همخوانی دارند [۲] و به عبارتی، همواره دقت موجودی در سطح پایینی قرار داشته است. با توجه به این موضوع، استفاده از روش‌های شناسایی خودکار در میان صنایع، حرفه‌ها و شرکت‌های مختلف، بیش از گذشته عمومیت یافت. از این روش‌ها برای جمع‌آوری اطلاعات در مورد افراد، حیوانات، کالاها و محصولات در حال حمل و غیره استفاده می‌شود که عمده‌ترین آنها عبارتند از: بارکد[۳]، شناسایی نوری[۴]، انگشت‌نگاری[۵]، کارت‌های هوشمند[۶] (کارت‌های حافظه‌دار و کارت‌های ریزپردازنده)، و شناسایی با امواج رادیویی[۷].

در این میان، اگرچه بارکدها در سیستم‌های شناسایی خودکار و به عبارتی، مدیریت بهتر موجودی نقش بسزایی داشته‌اند اما با گذشت زمان، بسیاری از کاربران متوجه شدند که این تکنولوژی محدودیت‌های فراوانی در به‌کارگیری دارد و به دلایل مختلف، بارکدها نتوانسته‌اند خواسته‌ها را برآورده کنند. از آنجایی که بارکدها در فضای بیرونی یک بسته یا کالا قرار می‌گیرند، از نظر فیزیکی به راحتی آسیب می‌بینند. از طرفی، در انبارها و در زمان توزیع، کثیف می‌شوند که این موضوع، خواندن کدها را توسط دستگاه با مشکل روبرو می‌کند. همچنین در استفاده از آنها به دخالت انسان برای استفاده از دستگاه‌های اسکن به منظور خواندن کدها نیاز می‌باشد که این خود زمان‌بر و هزینه بر خواهد بود. در حالی که بارکدها اطلاعاتی را در مورد هر کالا برای سیستم‌های عملیاتی ارائه می‌دهند، اما نمی‌توانند برنامه‌ریزی شوند و فقط اطلاعات پایه‌ای عددی محصول را که محدود می‌باشد، فراهم می‌سازند. با توجه به این مشکلات، سیستم بارکد به تدریج جای خود را به سیستم شناسایی با امواج رادیویی (RFID) داد. در این تکنولوژی بسیاری از مشکلات بارکد مرتفع گردیده است.

اگرچه ویژگی‌ها و مزایای تکنولوژی RFID برای بسیاری از شرکت‌ها مشخص است، اما مشاهده می‌شود که به دلیل وجود برخی از چالش‌ها و مشکلات در پیاده‌سازی و بکارگیری این سیستم، نظیر هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری‌های بالا، استانداردهای متفاوت، یکپارچه‌سازی و مدیریت داده‌ها، و امنیت، شرکت‌ها بر خلاف میل خود از پیاده‌سازی سیستم کنترل موجودی مبتنی بر این تکنولوژی صرف نظر کرده‌اند. از طرفی، در استفاده از سیستم‌های شناسایی خودکار نظیر RFID، شرکت‌ها معمولاً به صورت مستقل عمل می‌کنند. به عبارتی، ممکن است در یک زنجیره تأمین فقط سیستم موجودی شرکت شما به چنین تکنولوژی مجهز باشد که در این حالت، دقت پایین در کنترل موجودی‌های هریک از عناصر زنجیره تأمین، مسلماً تأثیرات زیادی را بر برنامه‌های موجودی شما خواهد داشت و گاهی اوقات، برنامه‌ریزی و مدیریت موجودی را با مشکلاتی مواجه خواهد کرد.

در این راستا، هدف از مطالعه حاضر طراحی و ارائه یک مدل مفهومی به منظور هموارسازی موانع و چالش‌های پیاده‌سازی و بکارگیری تکنولوژی RFID در سیستم کنترل موجودی و همچنین، یکپارچه‌سازی اطلاعات موجودی به منظور استفاده در سرتاسر زنجیره تأمین با هدف بهبود عملکرد مدیریت موجودی می‌باشد. در واقع، در این مدل که آن را مدیریت موجودی ابری[۸] می‌نامیم از ویژگی‌های سیستم RFID و رایانش ابری[۹] به منظور هم‌افزایی در سرتاسر زنجیره تأمین بهره گرفته شده است.

۱. مروری بر ادبیات پژوهش

۱-۱. برنامه‌های نرم‌افزاری کنترل موجودی

با عبور از سیستم‌های سنتی کنترل موجودی، شاهد پیدایش برنامه‌های نرم‌افزاری متعددی در راستای اتوماسیون‌سازی و بهبود فرایندهای مدیریت موجودی بوده ایم. شناخته شده‌ترین این برنامه‌های نرم‌افزاری عبارتند از ZOHO INVENTORY، MARKETMAN، TRADEGEKO، BRIGHTPEARL، ERP-LY، ORDORO و غیره. اگرچه سرمایه‌گذاری‌های عظیمی توسط شرکت‌های مختلف بر روی برنامه‌های نرم‌افزاری کنترل

موجودی گردیده است، اما شکاف و ضعف اساسی در این است که سیستم اطلاعات موجودی و موجودی فیزیکی در آنها به ندرت همخوانی دارند[۲] و این یکی از ضعف‌های اساسی نرم افزاهای موجود در زمینه کنترل موجودی است. به عبارتی، دقت موجودی در این ابزارها در سطح پایینی قرار دارد. برنارد (۱۹۸۵)، دقت موجودی را به صورت درصد اشتباه و خطا در ثبت‌های موجودی تعریف می‌کند و معتقد است با پیشرفت علم و تکنولوژی، هنوز هم دقت موجودی به سطح مطلوب خود نرسیده است. همواره شواهد حاکی از وجود نرخ قابل توجهی از اشتباهات در ثبت موجودی در بسیاری از حوزه‌ها نظیر تولید و توزیع (وایت، ۱۹۸۴)، بانک‌های سرمایه‌گذاری (گزارش بازارهای سرمایه ای، ۲۰۰۰)، نمایندگی‌های دولتی (لادون، ۱۹۸۶) و شرکت‌های تأسیسات و تلفن بوده است.

۱-۲. عوامل ایجادکننده خطا در سیستم‌های کنترل موجودی و راهکارهای مقابله با آنها

مسأله دقت در سیستم‌های موجودی نیز به یک موضوع بسیار مهم تبدیل شده است، چرا که یک مدیر موجودی باید زمان و چگونگی تدارک مجدد را با دقت بیشتری تعیین کند. براساس مشاهدات تجربی این فرض ضمنی ثابت شده است که همچنان اشتباهاتی در این زمینه وجود دارد. نتایج مطالعه انجام شده توسط رامان و همکاران (۲۰۰۱) روی یک خرده فروش برجسته، نشان می‌دهد که ۶۵ درصد ثبت‌های موجودی با سطوح ذخیره موجودی فیزیکی همخوانی ندارند. همچنین، ۲۰ درصد ثبت‌های موجودی با ذخیره فیزیکی برای شش آیتم یا بیشتر تفاوت داشته است. بنابراین، وجود خطاها در سیستم کنترل موجودی و به عبارتی سطح پایین در دقت موجودی می‌تواند به عنوان یک مانع مهم در بهبود عملکرد شرکت‌ها مطرح باشد. عوامل مختلفی باعث ایجاد چنین خطاهایی می‌گردد. در ادامه به عمده‌ترین این عوامل و راهکارهای مقابله با آنها پرداخته شده است. عوامل مختلفی وجود دارند که باعث بروز خطاها و به عبارتی، عدم انطباق سطح موجودی واقعی با سطح موجودی ثبت شده می‌گردند که عمده‌ترین آنها عبارتند از:

خطاهای تراکنش- خطاهای تراکنش، خطاهای غیرعمدی هستند که در حین دادوستد موجودی اتفاق می‌افتند. بعضی از این خطاها در هنگام شمارش موجودی، دریافت یک سفارش یا بررسی خروج در ثبت صندوق رخ می‌دهند. برای مثال، یک پرسنل انبار می‌تواند به طور غیرعمد مقادیر اشتباهی را از یک آیتم خاص به فروشگاه انتقال دهد. طبق بررسی‌های دی هوراتیوس و رامان (۲۰۰۴)، به تعداد فراوان مشاهده شده است که در یک انبار پوشاک، پرسنل به راحتی و به اشتباه یک پوشاک با سایز متوسط را به جای پوشاک با سایز بزرگ بر می‌دارند. خطاهای بررسی خروج نیز بیشتر زمانی اتفاق می‌افتند که مثلاً صندوق دار یک آیتم را دوبار اسکن کند، یا مشتری دو آیتم مشابه در قیمت را خرید کند. این موضوع، اختلافی را در سیستم اطلاعات موجودی ایجاد می‌کند. خطاهای برداشت نیز در ثبت‌های موجودی شرایط مشابهی دارد.

خطاهای جابجایی- خطاهای جابجایی زمانی روی می‌دهند که یک کسری از موجودی‌ها جابجا شده است و برای تقاضای مشتری تا زمانی که پیدا شود، در دسترس نخواهد بود. برای مثال، مشتریان محصولاتی را بر می‌دارند و سپس آنها را در مکان دیگری قرار می‌دهند، پرسنل محصولات را در قفسه صحیح خود در زمان درستی قرار نمی‌دهند و یا محصولات را در اتاق پشتی گم می‌کنند. براساس مطالعه تون و رامان (۲۰۰۴)، بر روی ۳۳۳ فروشگاه در مدت چهار سال، مشخص گردید که افزایش دادن تنوع محصولات و سطح موجودی هر محصول با افزایش جابجایی محصول رابطه دارد. این محققان نشان دادند که افزایش جابجایی محصولات با کاهش فروش فروشگاه نیز ارتباط دارد. جابجایی موجودی می‌تواند زیاد باشد که این یک تأثیر معنادار روی عملکرد موجودی خواهد داشت. رامان و همکاران (۲۰۰۱) گزارش داده‌اند که یک خرده فروش عمده نمی‌تواند ۱۶ درصد از آیتم‌ها را در فروشگاه به دلیل خطاهای جابجایی پیدا کند و خطاهای جابجایی، سود را تا ۲۵ درصد در این خرده‌فروشی کاهش می‌دهند.

خسارات و ضایعات- اگرچه در بسیاری از کشورهای توسعه یافته نظیر امریکا برای سوپرمارکت‌ها، کالاهای فاسدشدنی

با بیش از ۲۰۰ بیلیون دلار فروش در سال، نیروی محرک سودآوری این صنعت می‌باشند، اما شرکت‌ها بالغ بر ۱۵ درصد از این کالاها را به دلیل خسارات و ضایعات از دست می‌دهند [۱۰]. محصولات با چرخه عمر محدود نظیر داروها و مواد غذایی جزء این موارد می‌باشند. از طرفی، مشتریان می‌توانند موجب وارد کردن خساراتی به محصولات در سطح فروشگاه‌های خرده فروشی شوند که باعث قابل دسترس نبودن آنها برای فروش می‌شود (بنسوسان و همکاران، ۲۰۰۵). این خسارات ممکن است توسط مدیر موجودی قابل جبران نباشد و در نتیجه باعث کاهش دقت در موجودی گردد.

سرقت- سرقت موجودی به عنوان ترکیبی از سرقت‌های داخلی و خارجی شامل سرقت کارکنان، دزدی از مکان فروش، تقلب فروشنده و خطاهای اداری تعریف می‌شود. در یک پروژه تحقیقاتی اروپایی بر روی پدیده آب رفتن، علت‌های کمبود ذخیره موجودی مورد تحلیل قرار گرفت که در آن، اصطلاح آب رفتن به عنوان خطاهای فرایند، پذیرش و سرقت‌های داخلی و خارجی (سرقت توسط کارکنان، سرقت با هماهنگی کارکنان و مشتریان، و سرقت توسط نیروی انبار و ...) در نظر گرفته شد. نتایج این مطالعه نشان داد که از کل مقیاس آب رفتن، ۲/۴۱ درصد از آن به علت جابجایی کالاها توسط مشتریان، ۲۷ درصد خطاهای فرایندی، هفت درصد تقلب و فریب، ۲۸ درصد سرقت داخلی و ۳۸ درصد نیز سرقت خارجی بوده است.

خطاهای تأمین- وقتی کیفیت محصول پایین است، یا یک فرایند تولید بازدهی کمی دارد، یا فرایند تأمین غیرقابل اتکا می‌باشد، موجودی فیزیکی ممکن است شناخته شده نباشد و در نتیجه ممکن است با سطح موجودی در سیستم اطلاعاتی متفاوت باشد (یانو و لی، ۱۹۹۵؛ رکیک و همکاران، ۲۰۰۵). محصولاتی که از نظر کیفیت استاندارد مورد تأیید نیستند ممکن است موجودی را نادقیق سازند. مطابق با گفته بنسوسان و همکاران (۲۰۰۵)، دریافت‌ها معمولاً بدون یک فرایند بازرسی دقیق به موجودی‌ها اضافه می‌شوند. نتیجه این که سیستم اطلاعاتی ممکن است شامل دو محصول غیرمعیوب و معیوب باشد که برای فروش قابل دسترس نیستند. در حالی که محصولات غیرمعیوب و معیوب هر دو در قالب یک سیستم به عنوان موجودی ثبت شده اند.

برای غلبه بر خطاهای موجودی، در موقعیت‌های مختلف از روش‌های متفاوتی استفاده شده است. برای مثال، در برخی خرده‌فروشی‌ها علامت‌هایی وجود دارد که به مشتریان آگاهی می‌دهد تا اگر تصمیم ندارند محصول را بخرند، سعی نکنند محصول را مجدد در قفسه قرار دهند. برخی کتابخانه‌ها به منظور مقابله با این مشکل، از علامت‌هایی استفاده کرده‌اند که به مشتریان می‌گوید کتاب‌ها را پس از استفاده، قفسه گذاری مجدد نکنند در حالی که برخی دیگر فضاهایی را برای کتاب‌های برگشتی طراحی کرده‌اند. ساهین (۲۰۰۴) براساس مطالعات خود اقداماتی را برای حذف یا کاهش این خطاها پیشنهاد می‌دهد که عبارتند از: مهندسی مجدد سازمان از تسهیلات و امکانات، بهبود فرایندهای واقعی در تسهیلات و امکانات، استفاده از تکنولوژی جدید شناسایی محصول که خطاهای اسکن را کاهش دهد، استفاده از یک تکنولوژی که قادر باشد تا سرقت را کاهش دهد، و استفاده از تکنولوژی که فروش محصول را به دقت به وسیله تاریخ ردیابی کند.

تکنولوژی شناسایی با امواج رادیویی (RFID) با ویژگی‌های خاصی که دارد تا حد بسیار زیادی می‌تواند زمینه را برای انجام اقدامات تشریح شده فراهم نموده و به طور قابل توجهی در کاهش خطاهای سیستم موجودی تأثیرگذار باشد. در بخش بعدی به معرفی و واکاوی این تکنولوژی پرداخته شده است.

۱-۳. تکنولوژی شناسایی با امواج رادیویی (RFID)[۱۱]

به این علت که تکنولوژی شناسایی با امواج رادیویی (RFID) اخیراً گسترش و رواج قابل ملاحظه‌ای یافته است، بسیاری از افراد تصور می‌کنند که تکنولوژی جدیدی است. اما بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که مفهوم آن از زمان جنگ جهانی دوم و در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ با کشف تکنولوژی تقریباً مشابهی به نام شناسایی دوست یا دشمن (IFF)[۱۲]، مطرح گردیده است که در واقع، روشی برای تشخیص هواپیماهای جنگی دوست یا دشمن بود که توسط انگلیسی‌ها کشف و مورد استفاده قرار

جدول۱ـ مقایسه انواع تگ‌های RFID (رکیک، ۲۰۰۶)

ویژگی	برچسب‌های غیرفعال	برچسب‌های نیمه فعال	برچسب‌های فعال
منبع تغذیه	خارجی (دستگاه داده‌خوان)	باطری داخلی	باطری داخلی
دامنه خوانایی	۳ تا ۱۵ متر	بیش از ۳۰ متر	بیش از ۲۲۸ متر
نوع حافظه	بیشتر فقط قابل خواندن	قابل خواندن و نوشتن	قابل خواندن و نوشتن
طول عمر	بالاتر از ۲۰ سال	۲ تا ۷ سال	۵ تا ۱۰ سال
مزایا	طول عمر بالا، انعطاف پذیری مکانیکی، قیمت پایین	فاصله ارتباطی بیشتر	فاصله ارتباطی بیشتر
معایب	محدودیت فاصله خوانده شدن	گران به دلیل داشتن باطری و بسته بندی برچسب	گران به دلیل داشتن باطری و بسته بندی برچسب

گرفت.یک تکنولوژی مشابه دیگر نیز در سال ۱۹۴۵ توسط لئون ثرمین[۱۳] کشف شد که یک وسیله جاسوسی بود و اطلاعات صوتی را با استفاده از امواج رادیویی انتقال می‌داد. از آنجایی که مکانیزم این دو تکنولوژی شبیه به RFID است، لذا می‌توان پیدایش این تکنولوژی را به همان زمان‌ها نسبت داد.

پس از آن، کاربرد این تکنولوژی در دهه ۱۹۶۰ با کارهای ریچاردسون (۱۹۶۳) و ویندینگ (۱۹۶۷) توسعه یافت. برخی از محققان، کشف تکنولوژی RFID به شکل امروزی آن را به ماریو کاردولو[۱۴] در سال ۱۹۷۰ نسبت می‌دهند که به دلیل قیمت بالا در آن زمان، این وسیله تا سال‌های اخیر کاربرد زیادی نداشته است. برخی دیگر نیز معتقدند که با تلاش‌های چارلز والتون در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، این تکنولوژی مورد توجه بسیاری قرار گرفت، وی اولین کلیدهای الکترونیکی درها را که از تکنولوژی RFID استفاده می‌نمود، اختراع نمود. خیلی زود مخترعان با بکارگیری این تکنولوژی، تلاش‌هایی را در حوزه سیستم‌های کنترل حیوانات، بررسی چمدان‌ها و سیستم مرتب‌سازی نامه‌ها نیز انجام دادند. تکنولوژی RFID بهتر از بارکدها عمل می‌کرد، اما هزینه ۱/۷۵ دلاری آن در مقابل هزینه ۲۵ سنتی بارکد توجیح آنچنانی برای استفاده نداشت. به هر حال براساس ایده‌های والتون و در نتیجه توسعه‌های فراوان در صنایع الکترونیک و ساخت تراشه، آینده RFID و کاربردهای متعدد آن بیشتر خود را نشان داد.

امروزه این تکنولوژی توسط فروشگاه‌های زنجیره‌ای بزرگی چون وال مارت و مک دونالد و نیز سازمان‌های مهمی نظیر وزارت دفاع ایالت متحده امریکا به کار گرفته شده و امتحان خود را به خوبی پس داده است. یک سیستم RFID شامل سه جزء اصلی است: تگ یا برچسب[۱۵]، دستگاه داده‌خوان[۱۶] و میان‌افزار[۱۷]. در ادامه به تشریح هریک از این اجزا پرداخته شده است:

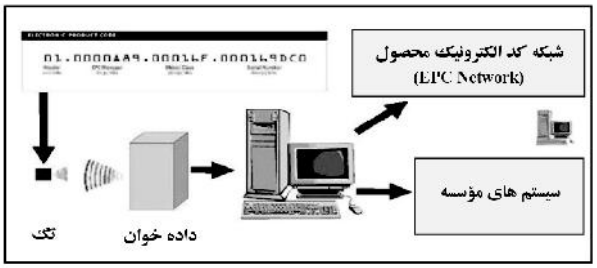
تگ– یک میکروتراشه باریک یا یک مدار یکپارچه همراه با یک آنتن متصل شده می‌باشد که با یک لایه پوششی با برچسب پوشانده شده است. آنتن، تراشه را قادر می‌سازد تا اطلاعات شناسایی برچسب را به یک دستگاه داده‌خوان ارسال نماید. به عبارتی، تگ، اطلاعات روی تراشه را از طریق امواج رادیویی منتشر می‌کند [۱۸]. این تگ‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند: تگ فعال[۱۹]، نیمه فعال[۲۰] و غیرفعال[۲۱]. ویژگی‌های هریک از این تگ‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

دستگاه داده‌خوان– این دستگاه، امواج رادیویی منعکس شده از سوی تگ را به اطلاعات دیجیتالی تبدیل می‌کند که می‌توانند به پردازنده مرکزی کامپیوترها انتقال داده شوند. در این کامپیوترها نیز این اطلاعات جمع‌آوری، ذخیره و تبدیل به اطلاعات مرتبط می‌شوند.

میان‌افزار– داده‌های دریافت شده از دستگاه داده‌خوان را به اطلاعات قابل استفاده در سیستم کامپیوتر میزبان تبدیل می‌کند. وقتی چندین تگ درون محدوده انتقال دستگاه داده‌خوان قرار می‌گیرند، در نتیجه مجموعه‌ای از پاسخ‌ها باید مدیریت شده و

به طور خاصی پردازش شوند. این کار توسط نرم‌افزار کنترل و میان‌افزار صورت می‌گیرد که روی وسایل ثبت اطلاعات یا روی سرورها یا کنترل‌کننده‌های خاص مستقر می‌شوند[۱۸].

در نمودار (۱) اجزای RFID نشان داده شده است. قابل ذکر است که اجزای RFID به اضافه شبکه کد الکترونیک محصول (EPC) [۲۲] به عنوان تکنولوژی شناسایی خودکار تعریف می‌شوند [۱۸]. شبکه کد الکترونیک محصول (EPC) بیانگر مجموعه‌ای از خدمات شبکه می‌باشد که قادر است تا داده‌های مرتبط با RFID را در زنجیره تأمین به اشتراک بگذارد [۲۳]. در واقع، ویژگی اصلی داده‌های تکنولوژی RFID براساس کد الکترونیک محصول می‌باشد، که به وسیله بسیاری از صنایع پس از ایجاد بارکد یا کد جهانی محصول ظهور پیدا کرده است. کد الکترونیک محصول شامل یک سری از اعداد است که تولیدکننده، نوع محصول و همچنین موارد خاصی در مورد محصول را شناسایی می‌کند.



نمودار ۱ـ اجزای سیستم RFID

آنچه که تکنولوژی RFID را متمایز از سایر سیستم‌های شناسایی خودکار نموده است، ویژگی‌های منحصر بفرد آن می‌باشد. در سیستم RFID مهم نیست که مورد قابل شناسایی در حرکت یا سکون باشد و یا در محیط گرد و خاک، مه، نمناک، بارانی یا در محیط آفتابی قرار داشته باشد، هیچکدام از شرایط ذکر شده تأثیری در عملکرد این سیستم ندارد [۲۴]. از طرفی، برچسب‌های RFID پایداری مثال زدنی در شرایط سخت دارند و می‌توانند به طور مثال در دمای منفی ۴۰ درجه تا مثبت ۲۰۰ درجه دوام بیاورند و حتی در محیط‌های اسیدی نیز قابل استفاده می‌باشند. پایداری این برچسب‌ها به حدی است که آنها را برای محیط‌های کثیف، روغنی، مرطوب و محیط‌های صنعتی و نظامی خشن ایده آل نموده است [۲۵]. هیچ یک از تگ‌های RFID برای خوانده شدن احتیاجی به قرار گرفتن در مسیر مستقیم READER ندارند؛ تگ‌ها می‌توانند از فاصله نسبتاً مناسبی خوانده شوند؛ چند تگ می‌توانند به طور همزمان خوانده شوند که خواندن اطلاعات با سرعت بسیار بالایی صورت می‌گیرد (حدود ۴۰ عدد یا بیشتر در یک ثانیه)؛ می‌توان برچسب‌های RFID را در داخل پوشش پلاستیکی قرار داد و حتی می‌توان آنها را در داخل اجسام فرو کرد که این دوام و امکان استفاده مجدد از آنها را فراهم می‌سازد؛ عمر برچسب‌های RFID طولانی است؛RFID توانایی خوانده شدن و نوشته شدن مجدد را دارد؛ با استفاده از RFID می‌توان عملیاتی نظیر ثبت وقایع، پارامترها و اندازه‌گیری را نیز اجرا کرد؛ در یک برچسب RFID اطلاعات فراوانی از جمله کد، محل ذخیره و نگهداری، محل، تاریخ، قطعات و مواد تشکیل‌دهنده، حمل و نقل‌های صورت گرفته و بسیاری اطلاعات دیگر را ذخیره نمود [۲۶].

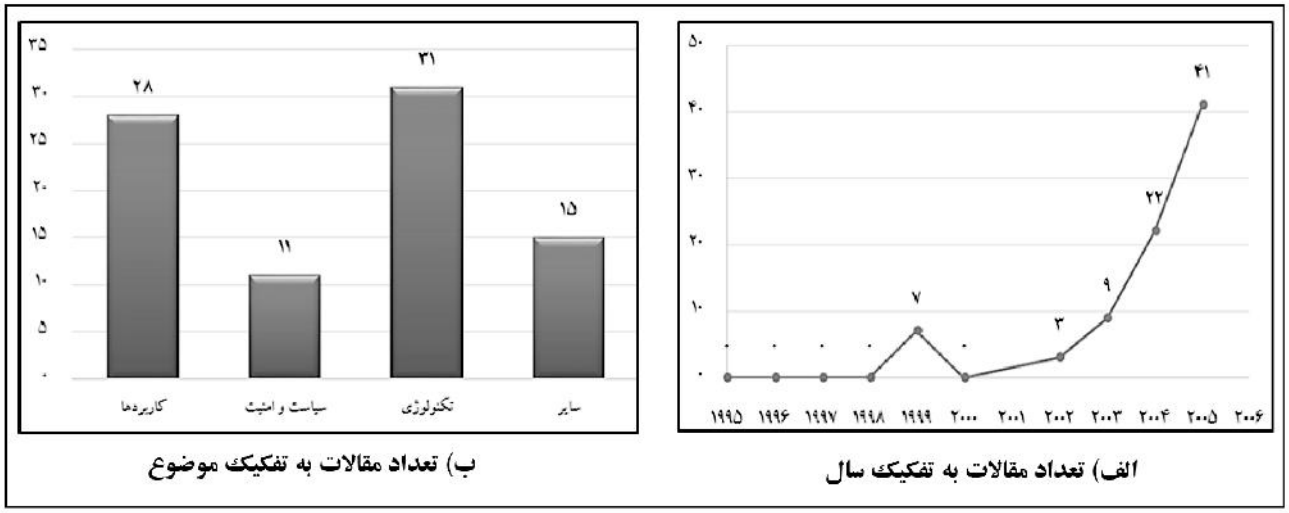
۱–۴. روند مطالعات انجام شده بر روی RFID

امروزه تکنولوژی RFID در مواردی بسیاری نظیر کنترل تردد کارکنان در بخش‌های مجاز و غیرمجاز، مراقبت الکترونیکی از محصولات در مقابل سرقت، کنترل موجودی، ثبت زمان و مکان تردد به کار می‌رود. به طور مثال، استفاده از آن در ثبت اتوماتیک زمان و مکان گشت زنی برای برخی مشاغل خاص، شناسایی خودرو، کنترل ترافیک، ردیابی رانندگان متخلف و ثبت اتوماتیک تخلفات، کنترل و شناسایی اثاثیه مسافران، ردیابی طیور، مدیریت کتابخانه‌ها و در مباحث پزشکی همچون ثبت و یا ذخیره‌سازی اطلاعات بیمار از قبیل نام و آدرس، تاریخ پذیرش و بستری و نیز نوع بیماری، پزشک معالج، نوع عمل جراحی و غیره دیده می‌شود [۲۷] و [۲۸]. بنابراین، مشخص است که در حوزه‌های مختلف بر روی تکنولوژی RFID مطالعات مختلفی انجام گرفته است.

انگای و همکاران (۲۰۰۸) تحقیقی را بر روی نحوه توزیع مقالات منتشر شده پیرامون RFID در ۵۶ مجله با حوزه‌های

مختلف (نظیر سیستم‌های اطلاعاتی، فناوری اطلاعات، مدیریت، کسب و کار، و شبکه) انجام دادند. نمودار ۲، توزیع تعداد مقالات مرتبط با RFID را بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۶ نشان می‌دهد.

همان طور که مشاهده می‌شود، تعداد مقالات از سال ۲۰۰۰ به بعد افزایش قابل توجهی یافته است. از طرفی، از ۸۵ مقاله مورد بررسی، ۳۱ مورد یعنی ۳۷ درصد آنها در زمینه تکنولوژی RFID، ۲۸ مورد از در زمینه کاربردهای RFID، ۱۱ مورد در مورد سیاست و امنیت آن و ۱۵ مورد نیز در سایر حوزه‌ها بوده است. از ۲۸ مقاله پیرامون کاربردهای RFID، ۱۷/۸ درصد مربوط به حوزه خرده فروشی، ۱۴/۲ درصد خدمات کتابخانه‌ای، ۱۰/۷ درصد برای هریک از حوزه‌های ردیابی حیوانات، تغذیه، و لجستیک و زنجیره تأمین، ۷/۱ درصد ساختمان، ۳/۶ درصد برای هریک از حوزه‌های هواپیمایی، مدیریت ساختمان و کنترل بازخور اقدامات مهم، پارچه و پوشاک، سلامت، معدن، موزه، و مدیریت هدر رفت آب بوده است.



نمودار ۲ـ تعداد مقالات پیرامون RFID در بین سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۰۵

۱-۵. کاربردهای RFID در سیستم‌های کنترل موجودی و چالش‌های بکارگیری آن

از تکنولوژی RFID به شکل‌های مختلفی می‌توان در سیستم‌های مختلف کنترل موجودی استفاده نمود. در ادامه به برخی از عمده‌ترین این کاربردها اشاره شده است:

انبار و مراکز توزیع- تکنولوژی RFID امکاناتی را در جهت سهولت و چینش اتوماتیک کالا در انبار و کنترل موجودی و بهنگام‌سازی سریع اطلاعات در انبار فراهم می‌آورد. برچسب‌های RFID بر روی هریک از کالاها نصب می‌شوند که می‌توانند شامل اطلاعات بیشتری از تفکیک انواع کالاها از قبیل مواد اولیه، ابزار یا تجهیزات تعمیر و نگهداری و غیره باشند. با استفاده از برچسب‌های RFID و آنتن‌های گیرنده و فرستنده به راحتی حمل و نقل کالا در انبار کنترل می‌شود و در هر لحظه می‌توان محل استقرار کالا، تعداد یا موجودی کالا و یا حتی اطلاعات ذخیره شده منسوب به کالاهای موجود در انبار را بررسی کرد (رکیک، ۲۰۰۶). استفاده از این تکنولوژی به طور خودکار ورود و خروج کالا را کنترل می‌کند و مدیریت بهتر انبارداری و انبارگردانی کالا را سبب می‌شود، چرا که در هر لحظه و با اراده کاربر و در اندک زمانی قادر به دریافت تمامی اطلاعات و موجودی‌های انبار خواهید بود. این سیستم قادر به تولید گزارش‌های متنوعی است: موارد مصرف، مصرف مراکز هزینه در بازه زمانی، تعداد مصرف و نقطه سفارش، پیگیری اموال و کالاها، میزان مصرف کالا، موقعیت کالا در انبار، تاریخ

مصرف، استهلاک و گزارش استهلاک، موجودی فعلی، کنترل گارانتی و گزارش مدت زمان باقیمانده از گارانتی کالاها، ارزش بیمه‌ای کالاها و غیره.

خرده فروشی- با سیستم RFID می‌توان تمامی اقلام درون یک فروشگاه را مدیریت کرد و به سرعت از ورود و خروج کالاها در هر زمان آگاه شد، همچنین می‌تواند بازخوردهای مربوط به انبار را نیز به خوبی در اختیار مسئولین قرار داد.

کنترل ورود و خروج وسایل نقلیه- یکی از کاربردهای استفاده از فناوری RFID کنترل ورود و خروج وسایل نقلیه در محل‌هایی است که امنیت ورود و خروج ماشین‌ها بسیار مهم و ضروری به نظر می‌رسد. این سیستم با چسباندن یک تگ بر روی وسیله نقلیه و قرار دادن تمامی اطلاعات مربوط به این وسیله در حافظه آن امکان پذیر می‌شود. قبل از رسیدن وسیله نقلیه به درب ورودی یا خروجی، ماشین از محلی که در آن یک آنتن جهت دریافت اطلاعات تگ چسبیده شده بر روی وسیله نقلیه وجود دارد، عبور می‌کند. دستگاه داده‌خوان اطلاعات موجود بر روی تگ را از آنتن بازخوانی می‌کند و در صورتی که اطلاعات موجود بر روی تگ نشانگر مجوز ورود یا خروج باشد، گیت ورودی یا خروجی باز می‌شود. همچنین می‌تواند برای شناسایی اقلام درون کامیون‌ها نیز مورد استفاده قرار بگیرد [۲۹].

آسان نمودن خرید برای مشتریان- از آنجایی که تکنولوژی RFID می‌تواند به طور همزمان چندین کالا را شناسایی کند، زمانی که وارد یک فروشگاه زنجیره‌ای می‌شوید و اقلام مورد نیاز خود را داخل چرخ دستی قرار می‌دهید، شما سبد کالای خود را بر می‌دارید و بدون این که مجبور به ایستادن در صف‌های طولانی شوید و یا حتی بدون این که مجبور باشید اقلام خریداری شده را به صندوق دار یا نگهبان نشان دهید، از در خارج می‌شوید، برچسب (تگ) خودش با فرستادن علائم رادیویی تمامی اطلاعات جاری کالا را از قبیل تعداد، قیمت، وزن و ... را به کامپیوترهای موجود در درهای خروجی مخابره می‌کند [۳۰]. طراحی برای اجرای آینده این تکنولوژی در سطحی خواهد بود که خرید و فروش کالا حتی در مرحله خرده فروشی کاملاً اتوماتیک باشد، به طوری که خرید با انتخاب کالای مورد نظر که همه دارای برچسب RFID هستند از راهی عبور می‌کند که یکباره تمامی کالاهای موجود در چرخ حمل بار شناسایی شده و کل مبلغ کالاها نیز از کارت اعتباری مشتری که آن نیز مجهز به برچسب RFID است، بدون اینکه کارت از جیب مشتری خارج شود کسر می‌گردد.

شرکت‌هایی نظیر مرکز شناسایی خودکار، وال مارت، پراکتل و گمبل، یونیلور، کرافت، کوکا کولا، و ژیلت، از جمع شرکت‌های پیشتاز در استفاده از تکنولوژی RFID می‌باشند. شرکت‌های دل، سی گیت، بوئینگ، و فورد نیز جزء شرکت‌هایی هستند که از این تکنولوژی برای پیگیری مسیر کالای در جریان ساخت (WIP) در عملیات تولید استفاده می‌کنند. بنابراین، مشخص است که استفاده از RFID نتایج مثبتی را در سیستم کنترل موجودی به همراه داشته است. برخی از عمده‌ترین نتایج پیاده‌سازی سیستم RFID در سیستم کنترل موجودی در جدول (۲) گزارش شده است.

جدول۲ـ مروری بر نتایج پیاده‌سازی RFID در سیستم کنترل موجودی

نتایج بکارگیری RFID در سیستم کنترل موجودی	مطالعات مربوطه
کاهش کمبود موجودی در فروشگاه‌های خرده فروشی	تا ۱۱ درصد (بورنل، ۲۰۰۵)، ۲۱ درصد (هاردگریو و همکاران، ۲۰۰۸)، ۲۵ درصد (اکونور، ۲۰۰۷) و ۵۰ درصد (ویسیچ و همکاران، ۲۰۰۹)
افزایش دقت شمارش موجودی	از ۹۶ درصد به ۹۹ درصد (مجله RFID، 2002)
کاهش سطح موجودی در فروشگاه خرده فروشی	تا ۱۳ درصد (هاردگریو و همکاران، ۲۰۰۸)
کاهش زمان شمارش موجودی	تا ۸۰ درصد (رابرت، ۲۰۰۷)

نتایج بکارگیری RFID در سیستم کنترل موجودی	مطالعات مربوطه
کاهش کالاهای گمشده	تا ۱۷ درصد (بورنل، ۲۰۰۵)
کاهش آب رفتن موجودی	تا ۱۵ درصد (ویلدینگ و دلگادو، ۲۰۰۴)
کاهش از دست رفتن محصولات فاسدشدنی	تا ۱۰ درصد (سوئدبرگ، ۲۰۰۷)
کاهش ذخیره اطمینان	تا ۳۰ درصد (وسل، ۲۰۰۸)
کاهش موجودی انبار	تا ۵۰ درصد (اکونور، ۲۰۰۸)
کاهش زمان تحویل تولید	تا ۲۷ درصد (اکونور، ۲۰۰۸)
افزایش ظرفیت تولید	تا ۶/۵ درصد (کولینز، ۲۰۰۴)
کاهش زمان پاسخگویی زنجیره تأمین	تا ۵ روز (سوئدبرگ، ۲۰۰۷)

یک شرکت تولیدکننده فعال در حوزه صنعت نساجی در کشور چین، در انبار توزیع خود از سیصد هزار تگ RFID برای محصولات تمام شده خود استفاده نمود به همراه مجموعه‌ای از داده‌خوان‌هایی که روی یک گیت ورودی و سه گیت خروجی موجودی در نظر گرفته شده بودند. سیستم RFID در مدت ۱۴ ماه در انبار توزیع این شرکت پیاده‌سازی شد و بررسی‌ها نشان داد که با بکارگیری این سیستم، زمان انتظار محصول از ۳۵ روز به ۳۰ روز کاهش یافته است. همچنین زمان صرف شده برای عملیات شمارش از ۲۷۰ نفر ساعت به شش نفر ساعت و تعداد کارگران از ۲۰ نفر به ۱۵ نفر کاهش یافت. دقت عملیات شمارش نیز از ۸۵ درصد به ۹۸ درصد و دقت نگهداری موجودی از ۹۸ درصد به ۹۹/۹۸ درصد بهبود یافت. مشاهده چنین نتایجی حکایت از این دارد که پیاده‌سازی و بکارگیری RFID تا حد قابل توجهی می‌تواند خطاهای مربوط به کنترل موجودی را کاهش دهد. اما سؤال اساسی اینجاست که با این که مزایای استفاده از این تکنولوژی در سیستم‌های کنترل موجودی برای بسیاری مشخص می‌باشد، چرا خیلی از شرکت‌ها به سمت استفاده از این تکنولوژی حرکت نکرده اند؟ در قسمت بعدی پاسخ این سؤال مورد بررسی قرار گرفته است.

اگرچه RFID مزایای بسیاری را دارا می‌باشد، اما هنوز هم مشاهده می‌کنیم که شرکت‌های زیادی با وجود آگاهی از این مزایا به سمت استفاده از این تکنولوژی در سیستم‌های کنترل موجود خود حرکت نکرده اند. گاهی اوقات، علت این عدم بکارگیری مربوط به چالش‌ها و مشکلاتی است که در پیاده‌سازی و یا بکارگیری این تکنولوژی وجود دارد. مهم‌ترین این چالش‌ها در پیاده‌سازی و بکارگیری سیستم RFID در سیستم‌های کنترل موجودی عبارتند از:

۱- هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز: معمولاً پیاده‌سازی سیستم RFID به منظور مدیریت موجودی، نیازمند هزینه‌های هنگفتی است. مواردی نظیر قیمت بالای تگ‌ها (تگ‌های فعال و نیمه فعال)، سرمایه‌گذاری در شبکه‌ها و سیستم‌های رایانه‌ای مربوطه و همچنین بکارگیری افراد متخصص از جمله مواردی هستند که گاهی اوقات بار مالی سنگینی را به شرکت‌ها تحمیل می‌کنند. بنابراین، شرکت‌هایی که توان مالی کمتری دارند یا ریسک مالی بالایی را قبول نمی‌کنند، کمتر به استفاده از تکنولوژی RFID در سیستم‌های کنترل موجودی تمایل نشان می‌دهند.

۲- استانداردها: یکی از چالش‌های اصلی در پیاده‌سازی RFID کمبود استاندارد صنعت می‌باشد (اوونوان و گوئل، ۲۰۱۰). بنابراین، چون در حال حاضر استانداردهای مختلفی برای سیستم RFID وجود دارد و هنوز یک توافق کامل در مورد استانداردهای مورد استفاده به وجود نیامده است، بسیاری از شرکت‌ها نگرانی‌هایی را در این زمینه دارند به خصوص در زنجیره تأمین که این مسأله از اهمیت خاصی نیز برخوردار می‌باشد.

۳- مدیریت داده و یکپارچه‌سازی سیستم: گاهی اوقات، مدیریت داده‌های فراوان و یکپارچه‌سازی آنها به صورت هدفمند به خصوص در سر تا سر زنجیره تأمین، کاری

دشوار به نظر می‌رسد و نیازمند تخصص خاصی است.

۴- امنیت: امنیت داده‌ها و اطلاعات در سیستم RFID همواره از مسائلی است که مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. هنوز هم بسیاری از شرکت‌ها به دلیل نداشتن تخصص کافی در حوزه‌های امنیتی به سیستم RFID اعتماد کامل ندارند.

به منظور غلبه بر مشکلات و چالش‌های اشاره شده در مورد پیاده‌سازی و بکارگیری RFID در سیستم‌های کنترل موجودی، در مقاله حاضر پیشنهاد داده شده است که در کنار سیستم RFID از رایانش ابری نیز بهره گرفته شود که جزئیات آن در ادامه آورده شده است.

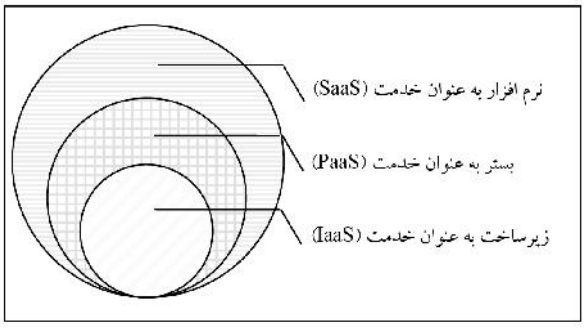
۱-۶. رایانش ابری

عبارت رایانش ابری به معنای نرم‌افزارها و اطلاعات به اشتراک گذاشته شده‌ای می‌باشد که کاربران از طریق وب قادر هستند تا به آنها دست یابند. بنا به تعریف مؤسسه ملی فناوری و استاندارد (NIST)، رایانش ابری مدلی است برای داشتن دسترسی فراگیر، آسان و بنا به سفارش شبکه به مجموعه‌ای از منابع رایانشی پیکربندی پذیر (مانند شبکه‌ها، سرورها، فضای ذخیره سازی، برنامه‌های کاربردی و سرویس‌ها) که بتوانند با کمترین کار و زحمت یا نیاز به دخالت فراهم‌کننده سرویس به سرعت فراهم شوند (WWW.NIST.GOV). به عبارتی دیگر، رایانش یا محاسبات ابری به گونه‌ای از سیستم‌های توزیع شده و موازی اطلاق می‌شود که مجموعه‌ای از کامپیوترهای مجازی را که به یکدیگر متصل هستند را شامل می‌شود (رسول‌زاده، ۱۳۹۲). این تکنولوژی به دلیل تقاضای کاربران برای کاهش زمان‌های پیاده‌سازی، سرمایه‌گذاری و منابع مورد نیاز در راستای بکارگیری برنامه‌های مورد نظر در کسب و کارهای مختلف ظهور پیدا کرده است. بنابراین، کاربران به جای آنکه متکی بر حافظه‌ها و سرورهای داخلی شرکت و رایانه‌های شخصی خود برای دستیابی به این موارد باشند، اجازه دسترسی به سرورهای ارائه‌دهنده خدمات ابری، که از این اطلاعات و نرم‌افزارها محافظت می‌کنند را می‌یابند. همان طور که در شکل ۳ نیز مشخص است، در رایانش ابری، سه خدمت اصلی انجام می‌گیرد:

نرم‌افزار به عنوان خدمت (SAAS): در این حالت، فراهم‌کننده خدمات ابر، مسئولیت اجرا و نگهداری کاربردهای نرم‌افزاری، زیرساخت و بستر رایانشی را بر عهده دارد. به عبارتی، نرم‌افزار به عنوان خدمات ارائه می‌گردد که شامل برنامه‌های کاربردی است که بر روی زیرساخت ابری، برای کاربر فراهم و اجرا گردیده است. این برنامه‌های کاربردی از طریق یک رابط نظیر وب در دسترس کاربر قرار می‌گیرند.

بستر به عنوان خدمت (PAAS)[۳۱]: در این حالت، فراهم‌کننده خدمات ابر، مسئولیت اجرا و نگهداری زیرساخت و بستر منابع رایانشی را بر عهده دارد. کاربر ممکن است برنامه‌های کاربردی مورد نیاز خود را بر روی زیرساخت قرار دهد که این برنامه‌ها با استفاده از زبان‌های برنامه نویسی و ابزارهایی که توسط فراهم‌کننده سرویس پشتیبانی می‌شوند بستر مورد نیاز خدمت را فراهم می‌آورند.

زیرساخت به عنوان خدمت (IAAS)[۳۲]: در این حالت، فراهم‌کننده خدمات ابر، مجموعه‌ای از منابع مجازی رایانشی را به عنوان زیرساخت در ابر فراهم می‌آورد.



نمودار ۳ ـ خدمات اصلی در رایانش ابری

بنا به گزارش ارائه شده توسط مؤسسه تحقیقاتی گارتنر[۳۳]، ارزش بازار خدمات عمومی رایانش ابری در مقیاس جهانی، در سال ۲۰۱۲ با رشد ۱۹/۶ درصدی به بیش از ۱۰۹ میلیارد دلار ارتقا یافته است. گارتنر پیش‌بینی می‌کند ارزش کل بازار خدمات رایانش ابری در سال ۲۰۱۶ به بیش از ۲۰۶/۶ میلیارد دلار خواهد رسید.

آنچه که تا کنون در مطالعات مربوط به تکنولوژی RFID در سیستم کنترل موجودی به آن پرداخته شده است مربوط به یک عنصر یا حلقه از کل زنجیره تأمین مانند تولیدکننده، توزیع‌کننده، خرده فروشی و غیره به صورت مستقل بوده است. همان طور که گفته شد در بکارگیری تکنولوژی RFID در سیستم کنترل موجودی به خصوص در حیطه زنجیره تأمین، همواره با مواردی نظیر هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری‌های کلان، عدم وجود استاندارد مشخص و مورد توافق، رویارویی با حجم زیادی از داده‌های ذخیره شده مواجهیم. از طرفی، بخشی از مدیریت صحیح موجودی در یک زنجیره تأمین تا حد زیادی به نحوه مدیریت موجودی در سایر حلقه‌های زنجیره بستگی دارد، زیرا هریک از این حلقه‌ها در صورت آگاهی صحیح و به موقع از موجودی سایر حلقه‌های مربوطه می‌تواند به طور مناسبی برای فعالیت‌های خود برنامه‌ریزی نماید. لذا ایجاد یک بستر مناسب به منظور شفاف‌سازی و یکپارچه‌سازی اطلاعات موجودی‌های حلقه‌های زنجیره تأمین می‌تواند تا حد زیادی در این زمینه راهگشا باشد. با توجه به ویژگی‌های تشریح شده در مورد تکنولوژی RFID و کاربردهای آن در سیستم‌های کنترل موجودی و همچنین مزیت‌های رایانش ابری، به نظر می‌رسد با هم‌افزایی این دو می‌توان تا حد زیادی مشکلات سیستم‌های کنترل موجودی را مرتفع ساخت.

۲. روش‌شناسی

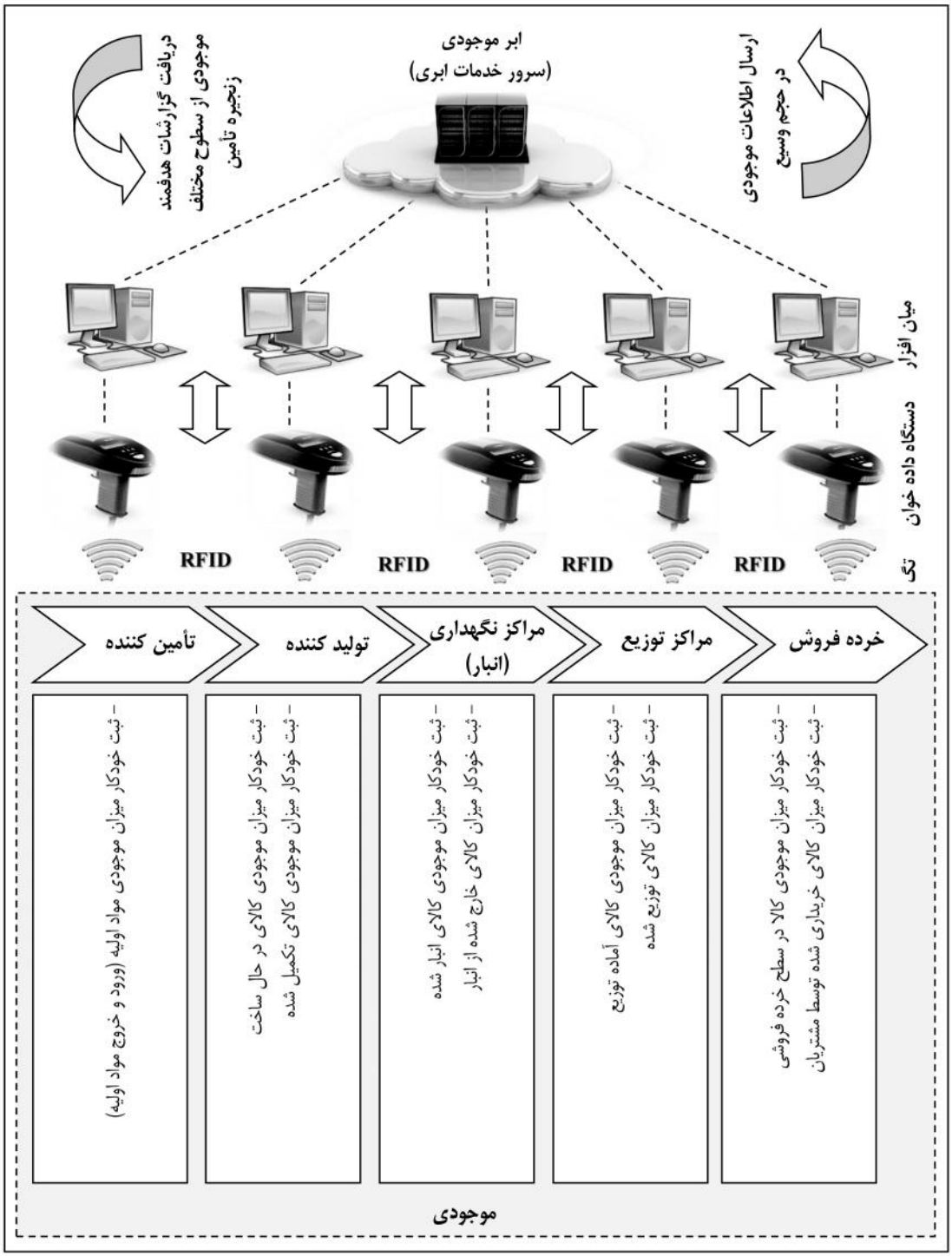
در تحقیق حاضر به دنبال طراحی مدل مفهومی با ترکیب و هم‌افزایی ویژگی‌های RFID و رایانش ابری بوده ایم. برای طراحی این مدل مفهومی که با عنوان «مدیریت موجودی ابری [۳۴] براساس تکنولوژی RFID» معرفی شده است، ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه و بررسی اسناد مربوطه، به طراحی مدل مفهومی اولیه پرداخته شده است. سپس، مدل اولیه براساس نظرات ۸ نفر از خبرگان با تجربه در حوزه‌های کنترل موجودی (اساتید دانشگاهی که با سیستم‌های کنترل موجودی آشنایی کامل داشته‌اند)، بازنگری و اصلاح شده و مورد تأیید قرار گرفت و مزیت‌های پیاده‌سازی چنین مدلی مورد واکاوی و تحلیل قرار گرفت.

۳. یافته‌ها

مدل مفهومی مربوط به مدیریت موجودی ابری براساس تکنولوژی RFID در نمودار (۴) آورده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، در این مدل، هریک از اجزای زنجیره‌تأمین شامل تأمین‌کننده، تولیدکننده، مراکز نگهداری، مراکز توزیع و خرده فروش دارای سیستم‌های RFID می‌باشند. در مسیر زنجیره تأمین، از مواد اولیه گرفته تا محصول نهایی، براساس اجزای RFID (تگ‌ها، دستگاه‌های داده‌خوان، میان‌افزار) شناسایی‌های خودکار موجودی صورت می‌گیرد.

اگرچه هریک از اجزای حلقه زنجیره تأمین (تأمین‌کننده، تولیدکننده، انبار، مراکز توزیع و خرده فروش) می‌توانند به طور مستقل از تکنولوژی RFID استفاده کنند و تا کنون نیز در بیشتر صنایع این گونه بوده است، اما طبق مدل مفهومی ارائه شده می‌توان در کنار این تکنولوژی از رایانش ابری نیز به منظور یکپارچه‌سازی سیستم مدیریت موجودی در سرتاسر زنجیره تأمین بهره‌مند شد. تمامی داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به موجودی‌ها در هریک از حلقه‌های زنجیره، با استفاده از ارتباطات وب برای سرویس‌دهنده رایانش ابری (ابر موجودی) ارسال می‌گردند. قابل ذکر است که طرف قرارداد شرکت ارائه‌دهنده خدمات ابری، اجزای زنجیره تأمین می‌باشند که در واقع، هزینه خدمات ابری در بین آنها سرشکن شده است که از این طریق نیز در هزینه‌های مربوطه صرفه‌جویی می‌گردد. از طرفی، براساس مدل پیشنهادی، تمامی اجزای زنجیره تأمین بایستی از یک استاندارد مورد توافق استفاده نمایند تا زمینه لازم برای مدیریت یکپارچه داده‌ها فراهم گردد.

براساس مدل مفهومی ارائه شده، داده‌های در حجم وسیعی برای شرکت خدمات‌دهنده رایانش ابری ارسال می‌گردند و با عبارتی، ابر موجودی که شامل این داده‌های وسیع می‌باشد تشکیل می‌گردد. سپس، هریک از اجزای زنجیره تأمین به راحتی می‌توانند گزارشات هدفمند موجودی را مبنی بر درخواست‌های خود دریافت کنند. برای مثال، داده‌های مربوط به موجودی مواد اولیه با استفاده از سیستم RFID توسط تأمین‌کننده ثبت



نمودار ٤ ـ مدل مفهومی مدیریت موجودی ابری براساس تکنولوژی RFID

می‌شوند. میزان موجودی کالاهای در جریان ساخت و کالاهای تکمیل شده نیز توسط این تکنولوژی ثبت و ضبط می‌گردند. مرکز نگهداری یا انبار نیز از RFID به منظور ورود و خروج کالا بهره می‌گیرد و میزان موجودی کالای انبار شده (کالای وارد شده به انبار) و میزان کالای خارج شده از انبار را ثبت می‌کند. همچنین، عمده فروش یا مرکز توزیع با استفاده از سیستم RFID خود میزان موجودی کالای آماده توزیع و میزان کالای توزیع شده را ثبت می‌نماید. در نهایت، در سطح خرده

فروشی و مشتریان نیز میزان موجودی کالا در سطح فروشگاه‌ها (خرده فروشی) و همچنین میزان کالای فروش رفته ثبت و ضبط می‌گردند. با استفاده از رایانش ابری و اتصال سیستم‌های RFID در هریک از این حلقه‌های زنجیره تأمین به ابر موجودی (سرور خدمات ابری)، حجم وسیع اطلاعات ثبت شده در هریک از این سیستم‌های RFID براساس سطح دسترسی تعریف شده برای سرور خدمات ابری ارسال می‌گردند. سرور ارائه‌دهنده خدمات ابری با استفاده از زیرساخت‌ها و نرم‌افزارهای مربوطه به طبقه بندی این اطلاعات و تحلیل آنها با اهداف مختلف می‌پردازد و در نهایت، با درخواست هریک از اجزای زنجیره تأمین، گزارشات هدفمندی پیرامون وضعیت موجودی در هریک از عناصر زنجیره تأمین مانند سطح فعلی موجودی، روند میزان موجودی، پیش‌بینی میزان موجودی در آینده و غیره را براساس توافق صورت گرفته در قراردادهای ثبت شده پیرامون سطح دسترسی هریک از اجزای زنجیره تأمین ارائه می‌دهد. برای مثال، شما یک شرکت تولیدکننده هستید و برای برنامه‌ریزی بهتر تولید و موجودی‌های خود، از یک طرف، نیازمند آگاهی از وضعیت موجودی مواد اولیه در نزد تأمین‌کننده و از طرف دیگر، نیازمند آگاهی از وضعیت مراکز انبار، توزیع و فروش محصول می‌باشید. براساس مدل پیشنهادی، در هر زمان که نیاز به چنین اطلاعاتی داشته باشید می‌توانید گزارشات مربوطه را از شرکت ارائه‌دهنده خدمات ابری دریافت نمایید و براساس آن، برنامه‌ریزی‌های بهتری را انجام دهید.

با توجه به مدل مفهومی ارائه شده پیرامون مدیریت موجودی ابری، سیستم‌های مستقل RFID بکار گرفته شده در هریک از اجزای زنجیره تأمین با استفاده از رایانش ابری به یک سیستم یکپارچه مدیریت موجودی تبدیل می‌شوند که براساس هم‌افزایی ایجاد شده، هریک از عناصر زنجیره تأمین علاوه بر این که می‌توانند از مزایای این سیستم یکپارچه مانند صرفه‌جویی در هزینه‌ها و بهره‌گیری از تحلیل‌های مختلف بهره‌مند شوند، امکان انجام برنامه‌ریزی‌های بهتر با توجه به شفافیت جریات اطلاعات موجودی نیز برای آنها فراهم می‌گردد. با استفاده از سازوکار تشریح شده در مدل مفهومی ارائه شده می‌توان بر چالش‌های مطرح شده در زمینه پیاده‌سازی RFID غلبه نمود و عملکرد سیستم مدیریت موجودی را تا حد زیادی بهبود بخشید. بر این اساس مهم‌ترین مزایای پیاده‌سازی مدل مدیریت موجودی ابری براساس تکنولوژی RFID عبارتند از:

- ترکیب RFID با رایانش ابری در سیستم کنترل موجودی (مدیریت موجودی ابری) زمینه‌ای را فراهم می‌آورد تا شرکت‌ها بتوانند با صرف هزینه‌های کمتری، ساماندهی بهتری از داده‌ها و اطلاعات موجودی داشته باشند.
- امکان ایجاد استاندارد مشخص و شفاف‌سازی و یکپارچه‌سازی اطلاعات موجودی در زنجیره تأمین از این طریق فراهم می‌گردد. لذا بسیاری از مشکلات و چالش‌های پیاده‌سازی و بکارگیری سیستم RFID مرتفع خواهد شد و تصمیم‌گیری‌های مربوط به موجودی با آگاهی بیشتری انجام خواهند گردید.
- پیاده‌سازی RFID در قالب رایانش ابری در زنجیره تأمین باعث منطقی‌سازی مدیریت موجودی می‌شود. این سیستم، اطلاعات را در یک ابر ذخیره می‌کند که استفاده از RFID و ابر به عنوان یک تکنولوژی مزایایی نظیر ذخیره سازی، کارایی و قابلیت رؤیت را در مدیریت زنجیره تأمین به همراه دارد.
- سیستم‌های رایانش ابری فضای زیادی برای نگهداری همه اطلاعات ذخیره شده مشتریان سیستم‌های RFID دارند.
- در یک ابر، داده‌های RFID مطابق با کاربرد مورد نیاز فیلتر می‌شوند.
- رایانش ابری با خدماتی که فراهم می‌آورد ظرفیت هزینه فناوری اطلاعات را به وسیله تبدیل هزینه‌های سرمایه‌ای به هزینه‌های عملیاتی کاهش می‌دهد.
- رایانش ابری به عنوان یک تکنولوژی مفید به بهینه‌سازی زنجیره تأمین از طریق فراهم‌سازی زیرساخت، بستر و نرم‌افزار کمک می‌کند. لذا استفاده از خدمات مبتنی بر وب در زنجیره تأمین به منافع مالی و عملیاتی منجر می‌شود.
- هزینه پایین استفاده از خدمات ابری، ایجاد شفافیت

در زنجیره، در دسترس بودن، عدم نیاز به تعمیرات و نگهداری و مواردی از این دست، رایانش ابری را به گزینه مطلوبی برای استفاده در مدیریت لجستیک و زنجیره تأمین تبدیل کرده است (تیواری و جین، ۲۰۱۳).

جمع‌بندی و ملاحظات

امروزه اهمیت تکنولوژی شناسایی با امواج رادیویی (RFID) در سیستم‌های کنترل موجودی بیش از گذشته نمایان شده است. نتایج مطالعات مختلف نیز از تأثیر چشمگیر این تکنولوژی بر مدیریت موجودی حکایت دارند به طوری که تحقیقات نشان داده است که استفاده از این تکنولوژی در سیستم کنترل موجودی موجب کاهش کمبود موجودی، افزایش دقت شمارش موجودی، کاهش زمان شمارش موجودی، کاهش کالاهای گمشده، کاهش آب رفتن موجودی، کاهش از دست رفتن محصولات فاسدشدنی، کاهش ذخیره اطمینان، کاهش موجودی انبار، کاهش زمان تحویل تولید، افزایش ظرفیت تولید و کاهش زمان پاسخگویی زنجیره تأمین خواهد شد.

با وجود مزایای مطرح شده در مورد RFID و آگاهی بسیاری از شرکت‌ها از این مزایا، به دلیل وجود محدودیت‌ها و چالش‌های مختلف نظیر هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز، عدم وجود استاندارد واحد، پیچیدگی‌های مربوط به یکپارچه‌سازی و مدیریت داده‌های وسیع و امنیت، نگرانی‌هایی در پیاده‌سازی و بکارگیری این سیستم وجود داشته است. از طرفی، اگرچه ممکن است شرکت‌های مختلف سیستم RFID را پیاده‌سازی کرده باشند، اما استفاده از این تکنولوژی به تنهایی و به طور مستقل نمی‌تواند تمامی مشکلات سیستم مدیریت موجودی را برطرف نماید، چرا که بسیاری از برنامه‌ریزی‌های موجودی در هریک از سطوح زنجیره تأمین به وضعیت موجودی در سایر حلقه‌های زنجیره (تأمین‌کننده تا خرده‌فروش) بستگی دارد. بنابراین، آگاهی از وضعیت موجودی سایر اجزای زنجیره، کمک بسیاری در انجام هر چه بهتر برنامه‌ریزی تولید و مدیریت موجودی‌ها خواهد داشت.

در مطالعه حاضر، برای رفع محدودیت ذکر شده و به منظور هم‌افزایی و ارتقای کارایی تکنولوژی RFID در سیستم کنترل موجودی، به ارائه یک مدل مفهومی با عنوان سیستم مدیریت موجودی ابری پرداخته شده است. بهره‌گیری از رایانش ابری در سیستم‌های کنترل موجودی در کنار RFID که آن را مدیریت موجودی ابری نامیده‌ایم، می‌تواند راهگشای بسیاری از مشکلات و محدودیت‌های موجود در این زمینه باشد. در این سازوکار پیشنهادی، یک شرکت فراهم‌کننده خدمات ابری (رایانش ابری)، خدمات مربوط به زیرساخت، بستر و نرم‌افزار را برای مدیریت بهتر داده‌های مربوط به موجودی و ارتباط و هماهنگی بین حلقه‌های زنجیره تأمین فراهم می‌آورد. در سیستم یکپارچه مدیریت موجودی ابری، هریک از اجزای زنجیره تأمین با استفاده از سیستم‌های RFID خود، اطلاعات مربوط به میزان موجودی را در حجم وسیعی پس از ثبت خودکار برای شرکت ارائه‌دهنده خدمات ابری ارسال می‌کنند و در هر زمان که بخواهند می‌توانند گزارشات مختلفی پیرامون وضعیت موجودی در هریک از سطوح زنجیره تأمین مانند سطح فعلی موجودی، روند میزان موجودی، پیش‌بینی میزان موجودی در آینده و غیره دریافت نمایند. شفاف‌سازی جریان اطلاعات موجودی در سیستم مدیریت موجودی ابری این امکان را برای هریک از اجزای زنجیره تأمین فراهم می‌آورد تا بتوانند در قالب یک سیستم یکپارچه و براساس دسترسی به وضعیت موجودی در سرتاسر زنجیره تأمین، برنامه‌ریزی‌های خود را با سرعت و آگاهی بیشتری انجام دهند و به این طریق، هم‌افزایی استفاده از تکنولوژی RFID بیش از گذشته شده و محدودیت‌های بکارگیری این تکنولوژی نیز تا حد ممکن رفع خواهند شد.

از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به عدم امکان استفاده از داده‌پردازی در راستای آزمون مدل طراحی شده و مزیت‌های بکارگیری سیستم مدیریت موجودی ابری اشاره نمود که این محدودیت به دلیل عدم وجود نمونه پیاده‌سازی آن در یک محیط واقعی به ویژه در کشور ما می‌باشد.

پیشنهادات سیاستی حاصل از نتایج تحقیق حاضر را می‌توان در سه حوزه کلی به شرح ذیل ارائه نمود:

الف) مدیران بنگاه‌های تجاری و سیستم‌های کنترل

موجودی: از آنجایی که برای پیاده‌سازی سیستم مدیریت موجودی ابری براساس تکنولوژی RFID نیاز به همراهی تمام اجزای زنجیره تأمین می‌باشد، لذا پیشنهاد می‌گردد قبل از هر اقدامی، تمامی فعالان یک زنجیره نسبت به انجام چنین کاری توجیه شده و هماهنگی‌های لازم صورت گیرد. لازمه این کار تعامل مناسب مدیران بنگاه‌ها با اجزای پایین دست و بالادست زنجیره‌های تأمین از تأمین‌کنندگان مواد اولیه گرفته تا خرده فروشان خواهد بود.

ب) متخصصان توسعه نرم‌افزارهای کنترل موجودی: از آنجایی که در سیستم RFID هریک از این اجزاء بایستی براساس توافق صورت گرفته از استاندارد واحدی استفاده کنند، پیشنهاد می‌گردد توسعه دهندگان نرم‌افزارهای مدیریت موجودی مطابق با استانداردهای روز مطابق با رایانش ابری اقدام به توسعه نرم افزاهای مربوطه نمایند.

ج) سیاست‌گذاران مسائل کلان: از آنجایی که در کشور ما تا کنون سیستم مدیریت موجودی ابری در بنگاه‌های تجاری پیاده‌سازی نشده است، لذا سیاست‌گذاران مرتبط با این موضوع، می‌توانند با برنامه‌ریزی‌های کلان در این زمینه و برگزاری دوره‌های توجیهی و آموزشی مربوطه، زمینه را برای فرهنگ‌سازی در استفاده از چنین سیستم‌های جهت کنترل بهتر موجودی‌ها فراهم نمایند.

با توجه به عدم پیاده‌سازی سیستم مدیریت موجودی ابری در کشور، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی به چالش‌های احتمالی در پیاده‌سازی مدیریت موجودی ابری براساس تکنولوژی RFID در صنایع مختلف با توجه به ویژگی‌های خاص هر صنعت و خصوصیات محصولات مربوطه پرداخته شود.

پی‌نوشت

۱. جیلان بروجنی و عمزاد مهدیرجی، ۱۳۹۳

۲. رامان و همکاران، ۲۰۰۱.

3. Barcode

4. Optical character recognition

5. Fingerprinting

6. Smart cards

7. Radio frequency identification

8. Cloud inventory management

9. Cloud computing

۱۰. کتزنبرگ و فرگوسن، ۲۰۰۶.

11. Radio Frequency Identification

12. Identify Friend or Feo

13. Leon Theremin

14. Mario Cardullo

15. Tag

16. Reader

17. Middleware

۱۸. کانفینو و المور، ۲۰۰۴

19. Active tag

20. Semi Passive tag

21. Passive tag

22. EPC Network

۲۳. ورساین، ۲۰۰۴.

۲۴. فینکنزلر، ۲۰۰۳.

۲۵. کارکاینن و ریسکو، ۲۰۰۳.

۲۶. آقاجان‌زاده و آقاجان‌زاده، ۱۳۸۸

۲۷. الکساندر و همکاران،، A۲۰۰۳

۲۸. میلز و همکاران، ۲۰۰۸.

۲۹. فینکنزلر، ۲۰۰۳.

۳۰. گلوور و بیهت، ۲۰۰۶

31. Platform as a service

32. Infrastructure as a service

33. Gartner Inc

34. Cloud Inventory Management

منابع

آقاجان‌زاده، ن. و آقاجان‌زاده، ح. ایجاد یک حمل و نقل هوشمند و با استفاده از طراحی یک سیستم هوشمند جهت حرکت خودروها در تاریکی مطلق و تصمیم‌گیری در مورد سرعت مطمئنه به وسیله فناوری RFID . اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده‌ای و ریلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، آذر ماه، ۱۳۸۸.

جیلان بروجنی، ا. و عموزاد مهدیرجی، ح.، مدل‌سازی سیستم کنترل

موجودی در زنجیره تأمین چندسطحی با استفاده از شبکه‌های بیزین. چشم انداز مدیریت صنعتی، ۱۵، ۹۱-۸۴، ۱۳۹۳.

رسول‌زاده، ن.، رایانی ابری و تأثیر آن در موضوع تولید محتوا در ایران. تهران: انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری تقارب و تبادل فرهنگی، ۱۳۹۲.

Alexander, K., Gilliam, T., Gramling, K., Grubelic, C., Kleinberger, H., Leng, S., Moogimane, D. and Sheedy, C., Applying auto-id to reduce losses associated with shrink. *Technical report*, Auto-ID Center, MIT, 2003a.

Alexander, K., Gilliam, T., Gramling, K., Grubelic, C., Kleinberger, H., Leng, S., Moogimane, D. and Sheedy, C., Applying auto-id to reduce losses associated with product obsolescence. *Technical report*, Auto-ID Center, MIT, 2003b.

Bensoussan, A., Cakanyildirim, M. and Sethi, S.P., Partially observed inventory systems: The case of zero balance walk. *Technical report*, School of Management, University of Texas at Dallas, 2005.

Bernard, A., Cycle counting: the missing link. *Production and Inventory Management*, 25(1), 27-41, 1985.

Bhoir, H. and Principal, R.P., Cloud computing for supply chain management. *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*, 1(2), 1-9, 2014.

Burnell, J., Real world RFID. *Real Time*, 8 (1), 9-26, 2005.

Camdereli, A.Z. and Swaminathan, J.M., Coordination of a supply chain under misplaced inventory. *Technical report*, Kenan-Flagler Business School, University of North Carolina at Chapel Hill, August, 2005.

Capital Markets Report., Capital Markets Report. *Capital Markets Report*, Available at: http://www.erisks.com.default.asp, 2000.

Chappell, G., Durdan, D., Gilbert, G., Ginsburg, L., Smith, J. and Tobolski, J., *Auto-id in the box: The value of auto-id technology in retail stores*. Auto-ID Center, 2003.

Collins, J., Golf car maker scores with RFID. RFID Journal, March 22, [online] Available at: http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/839/-1/1/, 2004.

Confino, J. and Elmore, A., RFID fundamentals. *Technical report*, Chariot Solutions, PPT Consulting, Intermec, Penn State Great Valley. [online] Available at: http://www. chariotsolutions.com /javalab/slides.jsp, 2004.

Dabas, C. and Gupta, J.P., RFID. *Proceeding of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists*, March 17 – 19, Hong Kong, 2010.

DeHoratius, N. and Raman, A., Inventory record inaccuracy: an empirical analysis. *Technical report*, Graduate School of Business, University of Chicago. Working paper, Graduate School of Business, University of Chicago, 2004.

Finkenzeller, K., *RFID hand book: Fundamentals and applications in contactless smart cards and Identificatio*n. Translated by Rachel Waddington. 2nd ed. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, 2003.

Gartner research report. [online] Available in: http://www.gartner.com/technology/home.jsp.

Glover, B. and Bhatt, H., *RFID Essentials*. O'Reilly Media Inc, 2006.

Hardgrave, B., Aloysius, J., Goyal, S. and Spencer, J., Does RFID improve inventory accuracy? A preliminary analysis. Information Technology Research Institute, Sam M. Walton College of Business, University of Arkansas. [online] Available at: http://www.itri. uark.edu, 2008.

Hardgrave, B., Langford, S., Waller, M. and Miller, R., Measuring the impact of RFID on out of stocks at Wal-Mart. *MIS Quarterly Executive*, 7 (4), 181-92, 2008.

Karkkainen, M. and Ala-Risku, T., Automatic identification: Applications and technologies. *Technical report*, Department of Industrial Engineering and Management, Helsinki University of Technology, 2003.

Ketzenberg, M.E. and Ferguson, M., *Managing slow moving perishables in the grocery industry. Technical report*, College of Business Colorado State University and The College of Management Georgia Institute of Technology, 2006.

Khumawala, B.M. and Reyes, P.M., Empirical evidence of RFID impacts on supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(12), 1290-1315, 2009.

Knight, B., The data pollution problem. *Computer World*, 2(1), 80-84, 1992.

Kok, A.G. and Shang, K.H., Replenishment and

Spiegel, R., RFID for perfect inventory visibility. [online] Available at: http:// automationworld .com, 2003.

Swedberg, C., Hong Kong shoppers use RFID-enabled mirror to see what they want. *RFID Journal*, September 4. [online] Available at: http://www. rfidjournal.com /article /articleprint/ 3284/-1/1/, 2007.

Takahashi, D., The father of RFID: Walton's work paved way for ubiquitous tracking chip. *Technical report*, Mercury News, 2004.

Miles, S.B., Sarma, S.E. and Williams, J.R., *RFID Technology and Applications*. Cambridge University Press, 2008.

Thange, A. and Priyadarshi, A., Supply chain management using cloud based RFID technique. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 2(11), 3380-3382, 2014.

Tiwari, A. and Jain, M., Analysis of supply chain management in cloud computing. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 3(5), 152-155, 2013.

Ton, Z. and Raman, A., The effect of product variety and inventory levels on misplaced products at retail stores: A longitudinal study. *Technical report*, Harvard Business School, 2004.

Versign. EPC Network Architecture. VeriSign, 2004.

Vinding, J.P., *Interrogator-responder identification system*. US patent 3299424, 1967.

Visich, J.K., Li, S., Khumawala, B.M. and Reyes, P.M., Empirical evidence of RFID impacts on supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(12), 1290-1315, 2009.

Wessel, R., Italian retail pilot quantifies RFID's many benefits. *RFID Journal*, October 27. [online] Available at: http://www.rfidjournal.com/article/ articleprint/4418/-1/1/, 2008.

Wilding, R. and Delgado, T., RFID demystified: supply-chain applications. *Logistics and Transport Focus*, 8(1), 8-42, 2004.

Yano, C.A. and Lee, H.L., Lot sizing with random yields: A review. *Operations Research*, 43, 311–334, 1995.

inspection policies for systems with inventory record inaccuracy. *Technical report*, Fuqua School of Business, Duke University, 2004.

Kwok, S.K. and Wu, K.K.W., RFID-based intra-supply chain in textile industry. *Industrial Management & Data Systems*, 109(9), 1166-1178, 2009.

Ngai, E.W.T., Moon, K.K.L., Riggins, F.J. and Yi, C.Y., RFID research: An academic literature review (1995–2005) and future research directions. *International Journal of Production Economics*, 112, 510-520, 2008.

O'Connor, M.C., Western Digital uses RFID seals to streamline customs. *RFID Journal*, April 20. [online] Available at: http://www.rfidjournal.com/article/ articleprint/3767/-1/1/, 2007.

Owunwanne, D. and Goel, R., Radio frequency identification (RFID) technology: Gaining a competitive value through cloud computing. *International Journal of Management & Information Systems*, 14(5), 157-164, 2010.

Raman, A., DeHoratius, N. and Ton, Z., Execution: The missing link in retail operations. *California Management Review*, 43,136–152, 2001.

Redman, T. C., Data Quality: Management and Technology. *Bantam Books*, New York, 1992.

Rekik, Y., The impact of the RFID technology in improving performance of inventory systems subject to performance of inventory systems subject to inaccuracies. Thesis of PHD. Engineering sciences. Ecole central Paris, 2006.

Rekik, K., Sahin, E. and Dallery, Y., A comprehensive analysis of the newsvendor model with unreliable supply. OR Spectrum, 7(2), 25-39, 2005.

RFID Journal., Part 5: Warehousing efficiencies. *RFID Journal*, October 14. [online] Available at: http:// www.rfidjournal.com/article/articleprint/200/-1/5/, 2002.

Roberti, M., RFID heats up in Latin America. R*FID Journal*, May 28. [online] Available at: http://www. rfidjournal.com/article/articleprint/3344/-1/2/, 2007.

Richardson, R., Remotely activated radio frequency powered devices. *US Patent* 3 098 971, 1963.

Sahin, E., A qualitative and quantitative analysis of the impact of Auto ID technology on the performance of supply chains. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2004.