

# بررسی فناوری RFID، کاربردها و الزامات غیر کارکردی آن

مهدی ابراهیمیان<sup>(۱)</sup>، زهرا عادل برخوردار<sup>(۲)</sup>، نیما احمدی<sup>(۳)</sup>

شرکت مهندسی طلوع، تهران

[mehdi@tolue.ir](mailto:mehdi@tolue.ir) , [adel@tolue.ir](mailto:adel@tolue.ir) , [nima@tolue.ir](mailto:nima@tolue.ir)

## چکیده

مقاله حاضر به بررسی فناوری شناسایی امواج رادیویی<sup>۴</sup> (یا اختصاراً RFID) می پردازد و تفاوت آن را با تکنولوژی های دیگر از جمله بارکد مورد بررسی قرار می دهد. بخش های مختلف یک سیستم RFID شرح داده می شوند و انواع مختلف نگ ها مورد بحث قرار می گیرند. در ادامه، کاربردهای متنوع فناوری RFID از جمله در مدیریت زنجیره تامین، ردیابی اموال و افراد، انبارداری و غیره و چگونگی بهبود فرآیندهای کاری در آنها به همراه مثالهایی بیان می شوند تا قابلیت های این فناوری واضح تر شود. سپس بر الزامات غیر کارکردی که باید در سیستم های RFID مد نظر قرار بگیرند مروری خواهیم داشت. مقاله با بیان نکاتی تکمیلی در مورد فناوری RFID ادامه می یابد و با نتیجه گیری به پایان می رسد.

**واژه های کلیدی:** شناسایی امواج رادیویی - RFID - بارکد - ورود خودکار داده ها - فناوری اطلاعات و ارتباطات

## ۱ - مقدمه

رشد روز افزون فناوری های ارتباطی در چند سال اخیر، حرکت به سمت جریان گرم اطلاعاتی را شتاب بخشیده است. عصر ارتباطات بر اکثر فرآیندها و روش های سنتی تاثیر گذاشته و آنها را باز تعریف نموده است. برای رسیدن به جریان گرم اطلاعاتی درون یک سازمان، علاوه بر بستر ارتباطی مناسب، جمع آوری و ثبت اطلاعات نیز باید به صورت خودکار صورت بگیرد. از طریق زیر ساخت اینترنت می توان به منابع بسیار متنوع و گسترده ای از اطلاعات دسترسی داشت؛ اما اینکه چگونه اطلاعات را جمع آوری و ثبت نماییم، همچنان یک معضل بزرگ است. در بسیاری از موارد، داده ها مربوط به اشیاء فیزیکی و حالت و رخدادها مربوط به آنهاست، ولی تبدیل آنها به شکلی که ذهن انسان یا رایانه ها بتوانند به آنها دسترسی داشته باشند یک کار مشکل است. مثلاً در یک زنجیره تامین، در اغلب موارد، حلقه های مختلف زنجیره مانند تولید کننده، توزیع کننده، فروشنده و اجزای دیگر، از موجودی انبارهای خود اطلاع دقیقی ندارند؛ بدیهی است که در اختیار داشتن این اطلاعات می تواند منجر به صرفه جویی زیاد و بهره وری بالاتر شود.

راه حل معمولی برای چنین مساله ای، ورود دستی اطلاعات است: افراد باید مشاهده کنند و اطلاعات را وارد سیستم نمایند. این راه نه تنها می تواند ناکارآمد باشد، به احتمال بسیار زیاد باعث بروز خطا در اطلاعات هم می شود. یک تایپیست ماهر در هر ۳۰۰ کاراکتر حداقل یک اشتباه دارد. هزینه یافتن و اصلاح اشتباهات در سیستم های پیچیده به مراتب بیشتر از

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد سیستم های مخابراتی، مدیر عامل شرکت مهندسی طلوع

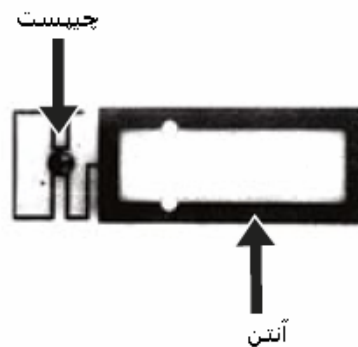
<sup>۲</sup> کارشناس کنترل سیستم ها، شرکت مهندسی طلوع

<sup>۳</sup> کارشناس کنترل سیستم ها، شرکت مهندسی طلوع

<sup>۴</sup> Radio Frequency Identification

هزینه جلوگیری از بروز خطا است. ورود دستی اطلاعات زمانبر، نادقیق و هزینه بر است. در برخی روش ها، دستگاه هایی با سیستم های ماشین بینایی<sup>1</sup> و سنسورهای پیچیده و پیشرفته، ورود اطلاعات را انجام می دهند. این سیستم ها اغلب حتی برای جمع آوری ابتدایی ترین داده ها، بسیار گران قیمت و پیچیده می باشند و تحت شرایط خاص و محدودیت های زیاد کار می کنند. بارکدها، بارکدهای دو بعدی، سیستم های انگشت نگاری، سیستم های شناسایی با استفاده از قرینه چشم و صدا و ... از راه های ورود خودکار اطلاعات به رایانه می باشند. یک راه حل دیگر برای چنین مساله ای، شناسایی با امواج رادیویی (Radio Frequency Identification یا RFID) می باشد. با الصاق تگ ها یا فرستنده هایی با اشیاء ثابت یا متحرک، و ایجاد یک زیرساخت از دستگاه های تگ خوان به هم متصل، اطلاعات مربوط به اشیاء فیزیکی را می توان به صورت خودکار و بدون دخالت دست، جمع آوری و ثبت نمود.

فناوری شناسایی امواج رادیویی، می تواند یکی از بهترین روش ها برای جمع آوری و ثبت خودکار داده ها باشد. پیشرفت های اخیر در صنعت نیمه هادی و روش های پیشرفته پردازش سیگنال، باعث کوچکتر شدن اندازه تگ ها، افزایش برد و کاهش قیمت سیستم های RFID و امکان استفاده از آن در گستره وسیعی از کاربردها، خصوصا در زمینه زنجیره تامین و لجستیک گردیده است. مقاله حاضر به بررسی این فناوری می پردازد و مزایای آن بر دیگر روش های ورود خودکار داده ها را بر می شمارد. شرح مختصری از انواع کاربردهای متنوع این فناوری و نقش RFID در بهبود فرآیند های کاری، و همچنین مروری بر الزامات غیر کارکردی که باید در سیستم های مبتنی بر RFID مد نظر قرار گیرند، از بخش های دیگر این مقاله می باشند. در انتها، نکاتی تکمیلی در مورد سیستم های RFID مورد بررسی قرار می گیرند.



شکل ۱- اجزای تشکیل دهنده تگ RFID

## ۲- RFID در مقابل بارکد

انواع مختلف بارکد ها مدت های طولانی است که در بخش های مختلف صنعت، امتحان خود را پس داده اند. بارکد ها به آسانی در دسترس هستند و هزینه تولید آنها بسیار پایین است. تکنولوژی بارکد، به بلوغ خود رسیده است و استانداردهای متنوعی برای آن تدوین گشته اند. اما روش کار آن، محدودیت هایی را اعمال می کند. مهمترین مساله آن است که به یک خط دید مستقیم نیاز دارد و باید هر قلم را دقیقا در جلوی آن و در جهت مناسب قرار داد تا آن را شناسایی نماید، و چیزی هم نباید مابین اشعه و برچسب بارکد باشد. این مساله باعث ایجاد صف و کندی فرآیندها می گردد. گر چه این نکته هنوز در برخی از کاربردها، مانع بزرگی محسوب نمی شود، با سرعت گرفتن بخش های مختلف و لزوم تسریع در امر ورود اطلاعات، ناکارآمدی بارکد هم بیشتر بروز می کند. راه حل های پیشرفته تر مانند اسکن کردن خودکار بارکدها یا استفاده از سیستم های ماشین بینایی، اغلب گران، پیچیده و شامل وضع محدودیت هایی متعدد بر روی اشیاء و محیط آنها می باشد. بارکد ها

<sup>1</sup> Machine Vision

محدودیت های دیگری هم دارند: پس از چاپ آنها به سختی می توان اطلاعات دیگری را به آنها اضافه نمود یا اطلاعات آنها را تغییر داد. مقدار اطلاعاتی که یک بارکد می تواند در بر داشته باشد نیز بسیار کم است. البته بارکدهای دو بعدی، مقداری اطلاعات بیشتر را منتقل می کنند، اما همچنین از معایب دیگر رنج می برند.

برای تمامی مشکلات بارکدها، سیستم های RFID یک راه حل بالقوه هستند. روش های شناسایی دیگر مانند کارت های مغناطیسی را هم باید مانند بارکد در جهت مناسب و در مکان مناسب قرار داد. اما تگ های RFID به ما این امکان را می دهد که کد شناسایی اشیاء را با فاصله و با حساسیت کمتری نسبت به جهت شیء و زاویه آن قرائت نماییم. همچنین تگ های RFID اکثرا قابلیت بارها نوشتن اطلاعات را دارند و میزان حافظه آنها به مراتب بیشتر از بارکد ها می باشد. مضافا اینکه عدم نیاز به دید خط مستقیم، مزیت بسیار بزرگی برای RFID است: می توان بدون دخالت اپراتور، تعداد زیادی تگ را به صورت خودکار شناسایی نمود.

### ۳- اجزای مختلف یک سیستم RFID

سیستم های مبتنی بر RFID، دریافت کد شناسایی مربوط به یک شیء را بدون نیاز به دید مستقیم (بر خلاف سیستم های بارکد) ممکن می سازند. کد شناسایی در یک برچسب یا تگ<sup>۱</sup> شامل یک میکروچیپ متصل به یک آنتن ذخیره می شود. (شکل ۱) یک دستگاه فرستنده/گیرنده که اغلب تگ خوان<sup>۲</sup> نیز نامیده می شود با تگ ارتباط برقرار می کند و شماره شناسایی آن را می خواند. تگ خوان ها معمولا به همراه یک آنتن کار می کنند. در سمت راست شکل ۲، یک تگ RFID دیده می شود که روی برچسب آن متن هایی چاپ شده است. در سمت چپ آن شکل، یک مجموعه از تگ خوان، آنتن و سه عدد تگ دیده می شوند. [۹]



شکل ۲- راست: نمونه یک تگ RFID چپ: تگ خوان، آنتن و سه نوع تگ از شرکت Alien

این نکته مهم است که سیستم های RFID به تنهایی هیچ ارزشی ندارند! گرچه این سیستمها می توانند کدهای شناسایی را جمع آوری نمایند، کدها باید به اشیائی اختصاص یابند و به یک پایگاه داده در دسترس متصل باشند. یک سیستم

<sup>1</sup> Tag

<sup>2</sup> Reader

RFID باید بتواند حجم بسیار بزرگی از اطلاعات را جمع آوری، ذخیره و بازیابی نماید، آن هم به شکلی کاملا پایدار و کارآمد. در این مورد در بخش ۵ با موضوع الزامات غیر کارکردی این سیستم ها بحث خواهیم کرد.

تگ های RFID دارای انواع مختلفی هستند. مهمترین عامل اختلاف بین تگ ها، فرکانس کار آنها می باشد که از فرکانس پایین (حدود صد کیلوهرتز) تا فرکانس های بسیار بالا یا UHF (چند گیگا هرتز) را شامل می شود. بر اساس فرکانس مورد استفاده، برد ارتباطی تگ با تگ خوان نیز تعیین می شود: فرکانس های پایین تر، معمولا بردهای کمتر و سرعت ارتباطی پایین تری را پشتیبانی می کنند. عملکرد تگ ها در مجاورت اشیاء فلزی یا آب با توجه به فرکانس تغییر می کند، و تگ های فرکانس پایین، عملکرد و برد بهتری در مجاورت آب و اشیاء فلزی دارند.<sup>[۱]</sup> معمولا هر تگ RFID دارای مقداری حافظه (چند ده بیت تا چند کیلو بیت) برای ذخیره سازی اطلاعات است که قابلیت نوشتن و خواندن را دارا هستند. جدول ۱ فرکانس های متداول RFID را به همراه برد ارتباطی و قیمت حدودی و کاربرد نمونه به اختصار نشان می دهد.

تگ های RFID را می توان به دو دسته عمده تگ های پسیو<sup>۱</sup> یا غیر فعال و اکتیو<sup>۲</sup> یا فعال دسته بندی نمود. تگ های پسیو باتری ندارند و انرژی لازم برای فعال سازی پردازنده و ارسال اطلاعات خود را از سیگنالی که از تگ خوان دریافت می دارند، تامین می کنند؛ بدین ترتیب که ابتدا تگ خوان امواجی را به سمت تگ ارسال می دارد، سپس پردازنده تگ با استفاده از انرژی این امواج، بیدار شده و دستور دریافتی از سوی تگ خوان را پردازش می کند و توسط امواجی که انرژی آنها هم از امواج دریافتی تامین شده است، نتیجه را به تگ خوان مخابره می کند. بدین ترتیب واضح است که برد این تگ ها بسیار محدود است؛ چرا که فاصله تگ از تگ خوان باید به اندازه ای باشد که انرژی که تگ دریافت می کند، توان بیدار کردن پردازنده و تامین انرژی موج برگشتی را داشته باشد. معمولا برد تگ های پسیو از چند سانتی متر تا چند متر است. از طرف دیگر تگ های فعال، انرژی لازم برای عملکرد پردازنده و ارسال امواج به سمت تگ خوان را از باتری همراه خود تامین می کنند. بدین ترتیب برد این تگ ها در برخی موارد تا چند صد متر هم می رسد. قیمت این تگ ها در حدود چند ده دلار است که به مراتب از تگ های پسیو (با قیمتی در حدود چند ده سنت) گران قیمت تر هستند. البته عمر این باتری ها محدود به چند سال (از ۳ تا ۱۰ سال) متغیر است و معمولا از تگ های پسیو، کمتر عمر می کنند.<sup>[۲]</sup>

کاربرد نمونه	حدود قیمت	برد ارتباطی تقریبی	فرکانس	
ردیابی حیوانات	چند سنت	چند سانتی متر	125 KHz	فرکانس پایین (LF)
کنترل تردد	پنجاه سنت	یک متر	13.56 MHz	فرکانس بالا (HF)
زنجیره تامین/فروشگاه	پنجاه سنت	۷ متر	860 – 930 MHz	فرکانس بسیار بالا(UHF)
عوارض خودرو	چند دلار	۱۰ متر	2.4 GHz	مایکروویو

جدول ۱ - فرکانس های متداول RFID و مشخصات معمول آنها

#### ۴- کاربردها

استفاده از تکنولوژی RFID، با اتوماسیون فرآیند های کاری، هزینه فعالیت های دستی را کاهش می دهد و باعث افزایش سرعت انجام فرآیندها می گردد. با حذف دخالت انسان در ورود اطلاعات، خطا را کاهش و دقت اطلاعات جمع آوری شده را افزایش می دهد. فناوری RFID، امکان کنترل فرآیند های غیر قابل رؤیت و نیز ویرایش اطلاعات برچسب ها را در اختیار ما می گذارد. استفاده از تکنولوژی RFID، همچنین به افزایش امنیت اطلاعات و یکپارچگی سیستم می انجامد. البته باید دانست که طراحی و اجرای یک سیستم RFID به سادگی نصب و راه اندازی چند تگ خوان و چاپگر و چسباندن چند تگ به جعبه ها نیست، بلکه تاثیرات اکوسیستمی بسیاری هستند که طراحی یک سیستم RFID را با محدودیت ها و قابلیتها

<sup>1</sup> Passive

<sup>2</sup> Active

دستخوش تغییرات می کنند. انتخاب فرکانس کار تگ ها باید با توجه به عواملی مانند جنس اقلامی که باید تگ زده شوند، شکل اقلام (جعبه یا پالت)، محتوای اقلام، تداخلات محیطی موجود مانند شبکه های WLAN و تلفن های بی سیم، نحوه حرکت اقلام در فرآیند های کاری و موارد متعدد دیگر تعیین شود. همچنین الزامات نرم افزاری و سخت افزاری باید به دقت تعیین شوند و نحوه استفاده از اطلاعات تولید شده و چگونگی جریان اطلاعات دقیقا مشخص گردد. بدین ترتیب هر کاربرد خاصی، به الزامات و طراحی های خاص خود نیاز دارد و در تکنولوژی RFID، سیستمی که در تمام کاربردها قابل استفاده باشد و به عبارتی دیگر "لباس تک سایز" معنی ندارد! در زیر به چند کاربرد مختلف از تکنولوژی RFID در صنایع مختلف اشاره می گردد. در هر یک از این کاربردها، RFID با مکانیزه نمودن ورود اطلاعات به سیستم، باعث صرفه جویی در زمان، نیروی انسانی و هزینه شده، ضمن کمک به جریان گرم اطلاعاتی، خطای کمتر و شفافیت بیشتر را به ارمغان آورده است.

## ۱. مدیریت انبار<sup>۱</sup>

اطلاع از موجودی انبار برای مدیریت های مختلف یک سازمان از اهمیت بالایی برخوردار است. مدیریت باید بداند کدام ماده اولیه با کمبود مواجه شده، کدام محصول فروش بیشتری داشته است. بلادرنگ نمودن اطلاعات انبار، به برنامه ریزی مدون تر و صرفه جویی بیشتر در هزینه های خرید، نگه داری، و لجستیکی می انجامد. مدیریت انبارهای کالا یکی از مهمترین کاربردهای RFID می باشد. به کمک RFID می توان ورود و خروج کالا به/از انبار را به صورت خودکار و با صرف زمان و نیروی کار کمتر و در نتیجه هزینه پایین تر، کنترل و مدیریت نمود. با استفاده از نرم افزارهایی که به این منظور توسعه یافته اند، امکان مکان یابی و صورت برداری سریع و دقیق کالاها حتی در حین جابجایی کالا فراهم می شود. به علاوه، تشخیص و رسیدگی به موارد بازگشت کالا از سطح فروش به انبار (در صورت معیوب بودن کالا) سریع تر خواهد بود.

روش های سنتی شمارش اموال و ردیابی انتقال دارایی ها، توانایی ارائه موجودی لحظه ای و بلادرنگ را ندارند. بدین ترتیب بیشتر تصمیمات بر اساس اطلاعات قدیمی و بعضا غلط استوار خواهد بود. سرعت جمع آوری اطلاعات موجودی انبار با هیچ یک از سیستم های مدیریت انبار یا نرم افزار های برنامه ریزی منابع سازمانی (ERP) تامین نمی گردد. به علاوه، عامل مهم در استفاده از RFID در انبار، حذف خطای انسانی می باشد و همچنین RFID می تواند نقش مفید و مهمی در جلوگیری از سرقت یا گم شدن کالا در انبار داشته باشد. [۲]

کارخانه فولکس واگن (Volkswagen) که چهارمین کارخانه بزرگ تولید کننده خودرو در جهان است، از RFID برای کنترل و مدیریت خودروهای تولیدی در ساختمان پارکینگ (که به نوعی انبار است) استفاده می کند. زمان ورود و خروج خودرو از پارکینگ به همراه پروسه های قبلی صورت گرفته بر روی آن، در تگ ثبت می شود. به هنگام تحویل ماشین به مشتری با استفاده از تگ RFID مکان ماشین مورد نظر تشخیص داده شده و اطلاعات موجود در آن خوانده می شود. به این ترتیب مدت زمان لازم برای تحویل خودرو کاهش می یابد. همچنین سرویس دهی به مشتری به دلیل کاهش یافتن خطا، بهبود می یابد.

## ۲. فهرست اموال<sup>۲</sup>

تکنولوژی RFID را می توان جایگزین شماره اموال یا بارکد اموال دانست و به کمک آن، لیست موجودی سازمان، شرکت، کارخانه و غیره را کنترل و مدیریت نمود. مزیت استفاده از RFID در این کاربرد، شامل تسریع در سرشماری اموال، ردگیری اموال در بین ساختمان ها و محدوده های مختلف، کاهش نیروی انسانی مورد نیاز و دقت در اطلاعات جمع آوری شده می باشد. کنترل سیاهه اموال در تمام مراحل تولید، انبار، انتقال و توزیع و فروش سودمند است. اخیرا بسیاری از

<sup>1</sup> Warehouse Management

<sup>2</sup> Inventory

سازمانهای دولتی ایالات متحده خصوصا ارگان های نظامی، تجهیزات رایانه ای از جمله لپ تاپ ها را به تگ های RFID مجهز کرده اند که علاوه بر شفافیت بیشتر در مورد مکان آنها، احتمال سرقت یا گم شدن آنها را نیز کاهش داده است.

### ۳. فروش

یکی از بزرگترین کاربردهای RFID، استفاده از آن جهت مکانیزه نمودن فرآیند فروش در فروشگاه های زنجیره ای است. به کمک آن، لیست کالاهای ورودی برای فروش کنترل و مدیریت می شود. این مساله بخصوص در مورد کالاهای باارزش صرفه اقتصادی دارد، زیرا هم در زمان و نیروی کار لازم صرفه جویی می شود و هم خطای انسانی کاهش می یابد. همچنین، دقت بالاتری که RFID فراهم می آورد، باعث می شود تعداد کالاهایی که در حین انتقال گم می شوند، کاهش یابد. مساله مهم دیگر، وجود کالاهای تقلبی است که با استفاده از RFID می توان از خرید آنها جلوگیری نمود. در صورت استفاده از قفسه های هوشمند، جابجایی کالاها از قفسه ها و میزان موجودی کالا در هر قسمت کنترل می شود، به این ترتیب قبل از آنکه موجودی کالای خاصی در قفسه تمام شود، سیستم به فروشنده اعلام می کند تا برای خرید کالا اقدام نماید. استفاده از RFID برای مدیریت فروش، سیستم ضد سرقت را نیز به ارمغان می آورد. لیست اقلام انتخابی مشتریان نیز در هنگام خروج از فروشگاه، به صورت مکانیزه و سریع استخراج می شود و از صف های مشتریان در آستانه خروج جلوگیری خواهد شد. فروشگاه های زنجیره ای Tesco که بزرگترین زنجیره سوپرمارکت در انگلیس است برای کنترل DVD های خود از RFID استفاده کرده است تا همیشه کالا به میزان لازم موجود داشته باشد. به این ترتیب فروش خود را ۴٪ افزایش داده است. همچنین شرکت Wal-Mart که بزرگترین زنجیره فروشگاه در آمریکای شمالی است، استفاده از تگ های RFID را برای صد تولید کننده برتر خود الزامی کرده است تا به مرور و در سالهای آتی، دیگر تولید کنندگان هم به این تکنولوژی بپیوندند. حرکت Wal-Mart به سمت استفاده از RFID محرک های برای افزایش تقاضا برای سیستم های RFID و عامل عمده ای در توسعه استانداردها و کاهش قیمت تگ ها تلقی شده است.

### ۴. زنجیره تامین<sup>۱</sup>

مدیریت قطعات تولید شده در یک کارگاه کوچک بسیار متفاوت از یک کارخانه با یک خط تولید بزرگ است. روش های قدیمی، شامل استفاده از لیست محصولات و چک کردن ورود و خروج محصول به هر قسمت توسط عامل انسانی بوده است. این کار علاوه بر وقت گیر بودن و عدم دسترسی بلادرنگ به اطلاعات مربوط به محصولات موجود در خط تولید، احتمال بروز خطا در جمع آوری اطلاعات را نیز به همراه دارد. استفاده از RFID در این زمینه نیز بسیار مؤثر بوده است. با استفاده از تکنولوژی RFID، اطلاعات مربوط به هر قطعه در خط تولید بصورت دقیق و بدون احتمال اشتباه و بشکل بلادرنگ در اختیار مدیریت قرار می گیرد. در مواردی که ایمنی قطعات اهمیت بیشتری پیدا می کند، استفاده از تکنولوژیهای جدید اجتناب ناپذیر می گردد. در خطوط تولید، اطلاعات کنترل کیفیت را نیز می توان در تگ های RFID ثبت نمود. بدین ترتیب در طول خط تولید، اطلاعات فرآیندهایی که بر روی کالا صورت گرفته، به همراه نتایج کنترل کیفیت ها و اطلاعاتی دیگر مانند تولید کنندگان مواد اولیه، افراد حاضر در شیفت و غیره در سیستم اطلاعاتی مرکزی ثبت می شوند و می توانند پایه ای برای گزارش های مدیریتی جهت استفاده برای افزایش تولید، بهبود کیفیت، انتخاب تولید کنندگان مواد اولیه و ارزیابی پرسنل باشد. به عنوان مثال، یک هواپیما از هزاران قطعه ساخته شده که معیوب بودن هر یک از آنها، می تواند جان عده زیادی را به خطر بیندازد. شرکت ایرباس، از سال ۱۹۹۹ برای ایمنی بیشتر و افزایش سرعت در خط تولید قطعات هواپیما از تکنولوژی مبتنی بر RFID استفاده می کند. تحقیقات اخیر نشان می دهد که مکانیکهای خط تولید هواپیما، تا حدود ۷۰ درصد وقت خود را برای مکان یابی قطعات صرف می کنند. با استفاده از تگهای قابل خواندن و نوشتن و نصب آنها بر روی قطعات، می

<sup>1</sup> Supply Chain

توان اطلاعات مربوط به تغییرات قطعه در طول خط تولید را در تگ ثبت کرد. با این روش، پرسنل خط تولید می توانند محل قطعات، اطلاعات مربوط به تولید و نگهداری آنها و سابقه سرویس شدن هر قطعه را بدون صرف وقت زیاد، در اختیار داشته باشد. شرکت ایرباس قصد دارد تکنولوژی مشابهی را برای خط تولید قطعات یدکی خود راه اندازی کند. [۳]

## ۵. ردیابی اموال<sup>۱</sup>

امکان اختصاص دادن شناسه الکترونیکی به اجسام فیزیکی، یک شبکه الکترونیکی از اجسام را بوجود می آورد. بجای اینکه با مداخله انسان به دنبال ردیابی اموال، تولیدات کارخانه ای یا حتی لوازم خانگی باشیم، نرم افزار قادر به دیدن اشیاء در شبکه با استفاده از شناسه الکترونیکی آنها و ارتباط بی سیم خواهد بود. برای مقاصد تجاری، این به معنای داشتن سیستم اتوماسیون سریعتر و کنترل دقیق تر پروسه است. [۴]

یک کاربرد بسیار جالب در این زمینه، کنترل اموال و تجهیزات پزشکی در بیمارستان ها است. مشکلی که در بیمارستان ها وجود دارد آن است که در هنگام بازدید از بیمار، تجهیزات خاصی مورد نیاز هستند. این تجهیزات ممکن است در هنگام بازدید از بیمار قبلی، در کنار بستر او جای مانده باشند و یافتن آن در سطح کل اتاق ها بسیار مشکل می شود. از طرفی، این تجهیزات به اندازه ای گران هستند که نمی توان چندین مجموعه از آنها را خریداری نمود. چنانچه تمامی این تجهیزات به تگ هایی اکتیو مجهز شوند که موقعیت آنها به صورت لحظه ای در دسترس باشد، سردرگمی در یافتن تجهیزات در مواقع ویزیت و یا مواقع اضطراری پایان می یابد.

## ۶. کنترل تردد و حفاظت<sup>۲</sup>

سیستمهای کنترل تردد الکترونیکی، ورود و خروج افراد به ساختمان ها، اتاقها و محدوده ها را به صورت خودکار کنترل می کنند. در عین حال شرکتها از سیستمهای کنترل تردد مبتنی بر RFID، استفاده ای بیشتر از باز و بسته کردن درها می کنند، مثلا برای اجرا کردن قوانینی در محیط کار که مجموعه را به سمت اهداف سازمانی سوق دهد. در عین حال باعث ایمنی محیط کار، دسترسی راحت پرسنل به قسمتهای مجاز و حفظ حریم خصوصی افراد می شوند [۵]. این سیستم ها خصوصا در مدیریت همایش ها و سمینار ها و دیگر مواردی که کنترل نامحسوس مورد نظر است، کاربرد پیدا کرده است. با استفاده از RFID در اینگونه کاربردها، می توان از صف های طویل در ورودی سالن ها و یا به هنگام غذاخوری جلوگیری نمود و اطلاعات مفیدی از آمار شرکت کنندگان در هر سخنرانی یا هر سالن را استخراج نمود.

## ۷. ردیابی پرسنل<sup>۳</sup>

بسیاری از سازمان های بزرگ که در گستره جغرافیایی وسیعی فعالیت می کنند، برای یافتن پرسنل خود دچار مشکل می شوند. سازمان های هواپیمایی، نیروگاه ها، پالایشگاه ها و بیمارستان ها نمونه هایی از اینگونه سازمان ها هستند. استفاده از تگ های RFID اکتیو می تواند موقعیت پرسنل را به صورت لحظه ای بر روی سیستم ثبت نماید. شرکت BP برای ردیابی پرسنل خود در محوطه های پالایشگاهی از تگ های RFID استفاده کرده است. دلیل ردیابی تنها امنیت خود پرسنل در مواقع اضطراری عنوان شده است، اما این کاربرد هم اکنون در بسیاری از بیمارستان ها برای ردیابی متخصصین و همچنین بیماران محبوبیت پیدا کرده است. برخی از مدارس ژاپنی هم برای ردیابی کودکان از این تکنولوژی استفاده می کنند.

---

<sup>1</sup> Asset Tracking

<sup>2</sup> Security and Access Control

<sup>3</sup> Personnel Tracking

## ۸. سیستم پرداخت پول<sup>۱</sup>

ظرف پنج سال آینده، سیستم های پرداخت پول که از تکنولوژی RFID استفاده می کنند، در رستوران ها، فروشگاهها و سایر مراکز خرید به اندازه کارتهای اعتباری متداول خواهند شد. این پیش بینی، نتیجه تحقیقی است که توسط مؤسسه Celent، یک مؤسسه مشاوره و تحقیقات IT، انجام شده است. [۶]

این مطالعه بر روی بازارهایی متمرکز بوده که در صورت پرداخت سریعتر پول از طرف مشتری در خرید های بین ۲۰ تا ۱۰۰ دلار، افزایش فروش قابل ملاحظه ای پیدا می کنند. با سرعت گرفتن عملیات پرداخت پول، مشتری ها نیز با سهولت موفق به دریافت خدمات یا کالا ها می شوند و دیگر از صف های طولانی در مقابل سینما ها (برای خرید بلیط)، رستورانها، و بلیط فروشی مترو و ... خبری نخواهد بود. با توجه به اینکه در اینجا، عمل پرداخت با چسباندن کارت به سطح تگ خوان انجام می شود، احتمال قطع شدن ارتباط با سیستم حین عملیات پرداخت بسیار کاهش می یابد. این باعث می شود که مشتری ها به سیستم اعتماد بیشتری پیدا کنند. اگرچه فروشندگان متحمل هزینه هایی مثل نصب دستگاههای کارت خوان، خرید نرم افزار و یکپارچه کردن سیستم می شوند، افزایش فروش ناشی از پرداخت آسان و سریع پول، باعث جبران اینگونه هزینه ها می گردد.

## ۹. ردیابی و تشخیص حیوانات<sup>۲</sup>

یکی از کاربردهای وسیع و رو به رشد RFID مربوط به تشخیص و ثبت اطلاعات حیوانات می شود. تگ های RFID در پرورش گونه های با ارزش، برای حیوانات آزمایشگاهی، حیوانات گوشتی و لبنی، حیات وحش و باغ وحش های طبیعی استفاده می شود. از این میان، نگهداری و پرورش حیوانات گوشتی و لبنی سهم عمده ای را به خود اختصاص داده اند. در این کاربرد، تگ به زیر پوست حیوان تزریق می شود یا از گوش یا گردن آن آویزان می شود. این تگ به نوعی پرونده حیوان مذکور است: سن حیوان، مکان و گله ای که به آن تعلق دارد، درجه حرارت بدن آن، نوع و مدت مصرف غذا و غیره از جمله اطلاعاتی است که تگ می تواند در خود ذخیره کند. کنترل دمای بدن حیوانات می تواند اطلاعاتی را در زمینه سلامتی، وضعیت تولید مثل و بارداری در اختیار محقق قرار دهد. در صورت بروز بیماری در یک گله خاص (به عنوان مثال گله گاو)، RFID به شناسایی گاو در کشتارگاه کمک می کند و به این ترتیب از مصرف گوشت آن جلوگیری به عمل می آید.

در ایالت مینسوتا بالغ بر چهارصد هزار دلار برای فاز اول توسعه سیستم تشخیص مزرعه های نگهداری حیوانات، غذای حیوانات و بازار فروش آنها سرمایه گذاری شده است. حیوانات گوشتی و لبنی، تگ گذاری می شوند و اطلاعات مربوط به آنها در پایگاه داده، ثبت می گردد. به این ترتیب سلامت حیواناتی که از گوشت یا شیر آنها استفاده می گردد، مشخص می شود.

## ۱۰. سنسورهای هوشمند<sup>۳</sup>

می توان به کمک RFID سنسورهای عادی مانند سنسورهای دما، لرزش، رطوبت، فشار و غیره را تبدیل به سنسورهای هوشمندی کرد که در زمینه های متنوعی همچون صنعت، کشاورزی و نظامی مفید می باشند. این سنسورها می توانند در کنترل محلی نیز سهیم باشند. این سنسورها، حالت مورد نظر اعم از دما یا لرزش یا مانند آن را به طور خودکار و بدون استفاده از سیم، به آنتن ها ارسال می کنند. به عنوان نمونه می توان به جمع آوری اطلاعات دما و فشار در پالایشگاه ها و نیروگاه ها و در نقاطی اشاره کرد که سیم کشی یا حضور فیزیکی افراد بسیار خطرناک می باشد. در این مناطق، استفاده از سنسورهای هوشمند که اطلاعات را به صورت بی سیم به گیرنده ارسال می دارند، راه حلی بسیار مطمئن جهت جلوگیری از انفجار یا آسیب های دیگر برای پرسنل است.

<sup>1</sup> Payment System

<sup>2</sup> Animal Tracking

<sup>3</sup> Smart Sensors



## ۱۱. ردیابی و شناسایی اسناد

بسیاری از مراکز و سازمان های بزرگ، دارای صد ها هزار و میلیون ها سند یا کتاب ارزشمند هستند که مدیریت آنها، خود به ساز و کار جداگانه نیاز دارد. در چنین سازمان هایی، یافتن اسناد و یا کتابهای خاص، ممکن است با مشکل مواجه شود. در کتابخانه های بزرگ، کاربران کتاب ها را در قفسه های اشتباه جای گذاری می کنند و بدین ترتیب کتاب ها از گردش خارج می شوند. گاهی مدیریت مجبور می شود کتاب های مفقود شده را مجددا خریداری نماید. مرتب نمودن اسناد و کتاب ها در چنین مراکزی میتواند هفته ها و ماه ها به طول بیانجامد. تکنولوژی RFID، همانطور که در مدیریت انبار ها به کار می رود، در ردیابی و شناسایی کتاب ها و اسناد نیز کارآیی دارد. کتابخانه های ملی مالزی، یکی از اولین کتابخانه هایی است که از این تکنولوژی در بهبود مدیریت کتابخانه استفاده کرده است. با الصاق تگ های RFID به تمامی کتاب ها و اقلام کتابخانه ای، مرتب نمودن قفسه ها و یافتن کتاب های مفقود شده در مدتی کوتاه ممکن می شود. مجددا این سیستم توانسته است امنیت کتاب ها را نیز افزایش دهد و سیستم امانت دهی را نیز مکانیزه نماید.

## ۵- بررسی الزامات غیر کارکردی سیستم<sup>۱</sup>

الزامات هر سیستم را می توان به دو دسته کارکردی و غیر کارکردی دسته بندی کرد. الزامات کارکردی تعیین می کنند که سیستم چه کاری را انجام می دهد و غیر کارکردی ها کیفیات سیستمی مانند امنیت و کارآیی، مقیاس پذیری، قابلیت مدیریت و توسعه پذیری را بیان می کنند. حجم داده هایی که توسط سیستم های RFID تولید و جمع آوری می شوند به همراه مسایل مربوط به طراحی آنتن ها و تگ خوان ها، به سطحی از پیچیدگی نیاز دارد که عموماً در سیستم های قبلی مانند بارکد وجود نداشت. [۴] برخی از مهمترین موارد غیر کارکردی سیستم های RFID به شرح زیر هستند:

### ۱. امنیت و اختفاء<sup>۲</sup>

مسایل مربوط به امنیت و اختفاء، هسته مرکزی برای طراحی و معماری هر راه حل مبتنی بر RFID می باشد. مشابه هر سیستم بزرگ دیگر، ملاحظات امنیتی یک سیستم RFID مانند تضمین امنیت اطلاعات ذخیره شده در تگ، امنیت انتقال اطلاعات بین تگ و تگ خوان، و تضمین امنیت نرم افزار و سخت افزار زیر ساخت ارتباطی شبکه باید در لایه های مختلف معماری در نظر گرفته شود. امنیت فیزیکی شامل جلوگیری از تخریب اطلاعات تگ ها و تداخل در ارتباط بین تگ ها و تگ خوان ها می شود. برای مثال، یک تگ خوان بیگانه که بخشی از سیستم RFID نیست، می تواند تگ های نزدیک به خود را بخواند. روش های امنیت بدون سیم، بر روی امن کردن کانال ارتباطی بین تگ ها و تگ خوان ها متمرکز می شوند چرا که از طریق این کانال ارتباطی، برخی تجهیزات استراق سمع می توانند اطلاعات را بدزدند. هر کاربرد حساس امنیتی باید به دقت ریسک های تداخل و تغییر اطلاعات تبادلی بین تگ و تگ خوان را در نظر بگیرد و برای آن تدبیری بیاندیشد. واضح است که ملاحظات امنیتی بسته به نیازهای کاربرد، بسیار متغیرند. به عنوان مثال، استفاده از یک کارت اعتباری مجهز به RFID، برای خرید کالا ها می تواند بسیار امن صورت بگیرد به شرط اینکه سیستم های پرداخت برای شناسایی و جلوگیری از اطلاعات نامناسب تجهیز شده باشند (که در مورد سیستم های کارت اعتباری چنین است) اما یک سیستم بلیط را که باید هر تگ مجاور را بخواند، خیلی ساده تر می توان به اشتباه افکند.

اختفاء اطلاعات نیز بحث مهمی در سیستم های RFID می باشد. در کتابخانه ها که کتابها و دیگر اقلام را به تگ های RFID مجهز می کنند، اغلب افراد ترجیح می دهند مشخص نشود تا به حال چه کتابهایی را به امانت برده اند و این مساله باید در طراحی سیستم های کتابخانه ای مد نظر قرار بگیرد. [۷]

<sup>1</sup> Non-Functional Requirements

<sup>2</sup> Privacy

## ۲. کارآیی

کارآیی با زمان لازم برای انجام یک واحد فعالیت اندازه گیری می شود. بسته به سطحی از سیستم RFID که در آن در حال کار هستیم، ملاحظات کارآیی تغییر می کنند. به عنوان مثال، در لایه فیزیکی، زمان لازم برای شناسایی یک تگ پارامتری مهم است. برای مقایسه با دیگر سیستم ها، این پارامترها را باید در پیک (قله) کاری و هم در متوسط زمانی استفاده از سیستم اندازه گیری کرد. ممکن است لازم باشد الزامات به شکل تعداد اسکن در ثانیه بیان شود، مثلا "هر ایستگاه دریافت کالا باید به طور متوسط یک تگ جدید را در پیک کاری ظرف مدت ده ثانیه و در غیر پیک کاری ظرف مدت دو ثانیه شناسایی نماید". در سطوح بالاتر نیز مهمترین مشخصه کارآیی مفید، زمان لازم برای انجام یک واحد فعالیت در سطح نرم افزار است. برای یک سیستم تگ زنی و حمل، این واحد فعالیت می تواند زمان لازم برای دریافت یک کد EPC و چاپ آن باشد. در هنگام توسعه هر نرم افزار، ملاحظات و الزامات کارآیی برای استفاده های مختلف سیستم باید در مراحل اولیه کار تعریف و نهایی شوند.

## ۳. مقیاس پذیری<sup>۱</sup>

مقیاس پذیری بیان می کند که یک سیستم می تواند در هنگام شروع، چه اندازه کوچک باشد و ظرف چه مدتی می تواند رشد کند و بزرگ شود. برای سیستم های RFID، مقیاس پذیری در ظرفیت سرور ها و نرم افزار ها خلاصه نمی شود. این الزامات معمولا اینگونه بیان می شوند: "سیستم حمل باید در ابتدا قادر به کار با ۱۲ ایستگاه بارگیری باشد و در ادامه ظرف ۳ سال به ۶۰ ایستگاه برسد اما نصب و راه اندازی هر گروه ۴ تایی از ایستگاه ها نباید بیش از دو هفته طول بکشد". یکی از مسایل مربوط به سیستم های RFID که خصوصا ممکن است برای پرسنل فناوری اطلاعات ناآشنا و جدید باشد، نیاز به برنامه ریزی برای بازدید از سایت ها و تنظیم کردن سطح تشعشعات و امواج تگ خوان ها به همراه نصب و راه اندازی سخت افزار و نرم افزار جدید است.

مشخصات تشعشعی امواج رادیویی محیط<sup>۲</sup> از محوطه ای به محوطه دیگر تغییر می کند، حتی اگر فاصله دو محوطه حدود سه متر باشد! همچنین نمی توان فرض کرد یک بازدید قبلی هم کافی است، چرا که حتی جابجایی یک لیفت تراک یا یک منبع آب می تواند الگوی تشعشعی را عوض کند و نقاط کور جدیدی به وجود آورد. تنها وقتی تگ خوان ها در محل قرار گرفتند، با توجه به تغییر در کارآیی، تغییرات در امواج رادیویی محیطی را می توان به سرعت شناسایی نمود. اما در هنگام نصب تجهیزات، متغیرهای زیادی در محیط سایت هستند بدون اینکه جذب یا بازتابش خاصی از سیگنال مشاهده شود.

## ۴. قابلیت مدیریت

سرورهای داده های RFID معمولا در اتاق های مخصوص که از نظر تهویه و سرمایش تحت نظر هستند، قرار دارند. افراد تیم عملیات می توانند عملکرد سرورها را با رویه هایی مشابه با آنچه برای هر نرم افزار دیگری مورد استفاده قرار می گیرد، مشاهده و مدیریت کنند. اما سخت افزار های دیگر از جمله تگ خوان ها و آنتن ها در ایستگاه های بارگیری، انبارها، کامیون ها و محوطه ها هستند. یک تگ خوان ممکن است دقیقا به اندازه یک سرور پیچیده باشد و به همان اندازه نیاز به مدیریت، پشتیبانی نرم افزاری و سخت افزاری و ارتقاء داشته باشد؛ اما تفاوت مهمی که این دستگاه ها از نقطه نظر نگهداری با سرورها دارند، آن است که ممکن است کمتر در دسترس باشند و بیشتر در معرض گرما، گرد و غبار، رطوبت و لرزش قرار بگیرند. به علاوه، در صورت خرابی یک تگ خوان ثابت، نمی توان کار آن را به تگ خوان دیگر محول نمود (مانند سرورها) مگر آنکه تگ

<sup>1</sup> Scalability

<sup>2</sup> RF Environment

خوان دیگر از لحاظ فیزیکی به تگ خوان خراب نزدیک باشد. از این رو پرسنل تعمیر و نگهداری، باید آموزش های خاصی ببینند و تمرینات ویژه ای را بگذرانند.

الزامات مدیریتی معمولا به شکل بهره برداری از پرسنل بیان می شود مثلا: "کل سیستم حمل باید بتواند تمام الزامات کارایی را با فقط یک نیروی تکنسین حاضر برآورده نماید". افزودن سنسورها علاوه بر افزودن به فرصت های مربوط به مکانیزاسیون، ممکن است امکان ایجاد خطا را هم افزایش دهد. اگر RFID به ما اجازه می دهد یک پالت از جعبه ها را بدون توقف برای اسکن کردن بارکد به صورت دستی، درون کامیون قرار دهیم، همچنین ممکن است پالت اشتباه را درون کامیون بگذاریم: اگر پالت مجاز به اندازه کافی به تگ خوان ما نزدیک باشد تا آن را هم ببیند. این مساله می تواند یک مشکل باشد خصوصا اگر تگ خوان های جایگزین را برای پوشش نقاط کور یک تگ خوان خراب به سیستم اضافه کرده باشیم. از آنجا که RFID به شما اجازه می دهد که یک فرآیند را تا آنجا مکانیزه کنید که نیازی به دخالت انسان نباشد، یک تگ خوان خراب می تواند منجر به خطاهای جدی شود یا باعث شود اطلاعات از دست برود، مشروط بر آنکه هیچ روش مناسب دیگری برای مشاهده وضعیت سیستم موجود نباشد. لذا باید دانست پیاده سازی های عملی RFID، بدون سیستم های خودکار مشاهده، مدیریت و نگهداری تجهیزات و زیر ساخت ها، جواب نمی دهند.

## ۵. توسعه پذیری و قابلیت نگهداری

در اکثر سازمان ها، تگ خوان های RFID اولین گام برای ورود به دوره ای جدید است. برخی صنایع خصوصا در زمینه های تولید و دفاعی، قبلا با سنسورهای توزیع شده کار کرده اند، اما یک سازمان با نگاه جدید به RFID ممکن است به اشتباه تصور کند به محض خرید و نصب تگ خوان و ایجاد ارتباط آن با نرم افزار های مدیریتی، کار تمام شده است. از آنجا که سیستم های RFID با توسعه تکنولوژی و تثبیت استانداردها تغییر می کنند، یک سیستم RFID با هر اندازه ای باید آماده افزوده شدن تگ خوان هایی با روش نصب متفاوت، رابط مدیریتی متفاوت و حتی از تولید کننده ای متفاوت باشد. از این رو الزامات در این حوزه اینگونه بیان می شوند: "سیستم RFID باید با هر تگ خوان از کلاس یک EPC و از هر تولید کننده ای همخوانی داشته باشد و پیکر بندی یک نوع جدید آن، کمتر از سه نفر روز کار داشته باشد."

## ۶- نکات تکمیلی

فناوری RFID در ابتدای راه است. گرچه برخی از اقسام آن به اندازه کافی بالغ شده اند، برای بسیاری از کاربردها، اجزای سیستم باید بر اساس نیاز های مشتری طراحی و پیاده سازی گردند. همانطور که ذکر شد، انتخاب دقیق مشخصات فنی یک سیستم RFID به عوامل مختلف بسیاری بستگی دارد. یک تجربه موفق در زمینه پیاده سازی سیستم های RFID، شروع از یک سیستم آزمایشی<sup>۱</sup> است. در این طرح ها، ابتدا از محل پیاده سازی مشاهده به عمل می آید<sup>۲</sup>، تا نوع کالاهای حامل تگ، مشخصات ساختمان ها، تداخل کننده ها، موانع محیطی و فرآیندهای کاری موجود شناسایی شوند. بر این اساس، مشخصات فنی تگ ها و تگ خوان ها و نحوه تغییر فرآیندهای کاری تعیین می شوند. پس از آن، طرح آزمایشی اجرا می گردد. چنانچه تمام پیش بینی ها صحیح از آب در بیایند، به احتمال قوی سیستم آزمایشی با موفقیت روبرو می شود. اما گاهی در عمل مواردی پیش بینی نشده رخ می دهند و لازم است بر مبنای آن، طراحی های سیستمی مجددا انجام گردند. پیاده سازی موفقیت آمیز طرح آزمایشی، شرط پیاده سازی سیستم RFID به صورت وسیع در سازمان می باشد. به همین دلیل، طرح های آزمایشی، در اکثر متدولوژی های پیاده سازی سیستم های RFID اکیدا توصیه می شود تا هزینه اشتباهات احتمالی در طراحی ها به حداقل برسد.

<sup>۱</sup> Pilot System

<sup>۲</sup> Site Survey

گرچه در ضمن بررسی کاربرد های RFID بارها اشاره کردیم که امنیت سیستم نیز افزایش می یابد، باید در نظر داشت که فناوری RFID ذاتا برای امنیت ساخته نشده است. با آنکه RFID ضمن امکان شناسایی خودکار اشیاء و کالاها، در افزایش امنیت آنها نیز موثر است، جز در موارد خاص نباید به تنهایی برای کاربردهای امنیتی مانند حفاظت از اشیاء گران بها مورد استفاده قرار گیرد. بسیاری از انواع تگ های RFID را می توان با ورقه های فلزی از کار انداخت و یا برد آنها را به شدت کاهش داد. همچنین برخی از تگ ها که به صورت برچسب هستند، به سادگی قابل پاره شدن هستند.

موسسه گارتنر که یکی از معتبرترین موسسات پژوهشی و مشاوره ای در زمینه فناوری اطلاعات در دنیا است، توصیه می کند که از RFID تنها زمانی استفاده کنید که برای کاربرد شما مناسب است [۸]. در ابتدای پیاده سازی سیستم های RFID، به جای اینکه از خود پرسید "با RFID چه می توان کرد"، بررسی را با این سوال آغاز کنید که "فرآیند کاری را چگونه بهبود بخشیم؟" در واقع یکی از مهمترین مسایل در مورد سیستم های RFID آن است که بدانیم آیا استفاده از فناوری RFID تنها گزینه برای بهبود فرآیند کاری و تسریع در گردش کارها و کاهش هزینه ها است یا گزینه های دیگری مانند بارکد نیز به همان اندازه یا بیشتر کارآیی دارند؟ محاسبه زمان و نحوه برگشت سرمایه<sup>۱</sup> سیستم های RFID بسیار مهم هستند چرا که هزینه پیاده سازی این سیستم ها هنوز بالا هستند و تنها در مواردی توجیه پذیرند که برگشت سرمایه در آنها منطقی باشد و یا جایگزین دیگری نداشته باشند.

## ۷- نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی تکنولوژی RFID و نحوه عملکرد آن پرداختیم. تفاوت این تکنولوژی با بارکد را شرح دادیم و مزایای آن را برشمردیم. سپس انواع تگ های RFID را به اجمال مورد بررسی قرار دادیم. تفاوت تگ های پسیو و اکتیو و تفاوت کارکرد تگ ها در فرکانس های مختلف را بیان نمودیم. در بخش دیگری از مقاله، به بررسی انواع کاربردهای مختلف سیستم های RFID از جمله در زنجیره تامین، فروش، انبارداری، ردیابی اموال و افراد و غیره پرداختیم و هر یک را به اختصار توضیح دادیم. الزامات غیر کارکردی که باید در سیستم های RFID مورد توجه قرار بگیرند، با مثالهایی در مورد سیستم های RFID بیان شدند و در نهایت، نکاتی تکمیلی را در باب سیستم های RFID متذکر شدیم که در طراحی و اجرای هر سیستم RFID باید مورد توجه قرار بگیرند. از جمله تاکید کردیم که استفاده از سیستم های RFID باید با برنامه ریزی و محاسبه نحوه برگشت سرمایه باشد و تنها با هدف استفاده از این فناوری جدید، از این تکنولوژی استفاده نگردد.

## مراجع

- 1 Klaus Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, John Wiley & Sons, 2003, p11-26
- 2 Patrick J. Sweeney II, RFID for Dummies, Wiley Publishing, 2005
- 3 [www.logicacmg.com/pSecured/admin/countries/assets/serve\\_asset.asp?id=3935](http://www.logicacmg.com/pSecured/admin/countries/assets/serve_asset.asp?id=3935)
- 4 Himanshu Bhatt and Bill Glover, RFID Essentials, O'Reilly, 2006
- 5 Klaus Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, John Wiley & Sons, 2003, p357
- 6 [www.rfidjournal.com/article/articleview/452/1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleview/452/1/1/)
- 7 David Molnar and David Wagner, Privacy and Security in Library RFID: Issues, Practices, and Architectures, ACM CCS 2004, October 26-28, 2004
- 8 <http://www2.cio.com/analyst/report3734.html>

---

<sup>1</sup> Return Of Investment (ROI)