



دانشگاه صنعتی امیر کبیر

دانشکده مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد

سیستم انتقال دانش فنی شناسایی با امواج رادیویی (RFID)

نگارش:

حمیدرضا دالایی

اساتید راهنما:

دکتر ناصر شمس - دکتر سعید خاتمی

دی ماه ۱۳۸۶



تاریخ: .....

شماره مدرک .....

|               |  |                           |                               |
|---------------|--|---------------------------|-------------------------------|
| مشخصات دانشجو | نام خانوادگی: دلایی                            | نام: حمیدرضا              | شماره دانشجویی: ۸۴۱۲۵۰۴۵      |
|               | دانشکده: صنایع                                 | رشته تحصیلی: مهندسی صنایع | گروه: مدیریت سیستم و بهره وری |
| عنوان         | سیستم انتقال دانش فنی شناسایی با امواج رادیویی |                           |                               |

|         |  |
|---------|--|
| Title : | Know-how Transfer System Of Radio Frequency Identification(RFID) |
|---------|--|

|              |                                 |             |                     |             |
|--------------|---------------------------------|-------------|---------------------|-------------|
| استاد راهنما | نام خانوادگی: شمس               | درجه و رتبه | نام خانوادگی: خاتمی | درجه و رتبه |
|              | نام: ناصر                       | استادیار    | نام: سعید           | استادیار    |
| استاد مشاور  | نام خانوادگی: رضایی خورشید دوست | درجه و رتبه | نام خانوادگی:       | درجه و رتبه |
|              | نام رضا                         | استادیار    | نام:                |             |

|          |  |                   |
|----------|--|-------------------|
| دانشنامه | کارشناسی <input type="radio"/> ارشد <input checked="" type="radio"/> دکترا <input type="radio"/> | سال تحصیلی: ۸۶-۸۷ |
|----------|--|-------------------|

|           |   |
|-----------|---|
| نوع پروژه | کاربردی <input checked="" type="radio"/> بنیادی <input type="radio"/> توسعه ای <input type="radio"/> نظری <input type="radio"/> |
|-----------|---|

|              |                  |   |  |  |                             |                                  |                 |                                    |
|--------------|------------------|---|--|--|-----------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| مشخصات ظاهری | تعداد صفحات: ۱۵۰ | تصویر: <input checked="" type="radio"/> | جدول: <input checked="" type="radio"/> | نمودار: <input checked="" type="radio"/> | نقشه: <input type="radio"/> | واژه نامه: <input type="radio"/> | تعداد مراجع: ۵۱ | تعداد ضمیمه: <input type="radio"/> |
|--------------|------------------|---|--|--|-----------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------------------------|

|          |  |       |  |
|----------|--|-------|--|
| زبان متن | فارسی <input checked="" type="radio"/> انگلیسی <input type="radio"/> | چکیده | فارسی <input checked="" type="radio"/> انگلیسی <input type="radio"/> |
|----------|--|-------|--|

|         |  |
|---------|--|
| یادداشت | لوح فشرده <input checked="" type="radio"/> دیسکت فلاپی <input type="radio"/> |
|---------|--|

|         |  |
|---------|--|
| توصیفگر |  |
|---------|--|

|                 |  |
|-----------------|--|
| کلید واژه فارسی | شناسایی با امواج رادیویی، تگ، زنجیره تامین |
|-----------------|--|

|                 |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|
| کلید واژه لاتین | RFID Tag, Reader, Supply Chain, RFID |
|-----------------|--------------------------------------|

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر رضا رضانی، دکتر سعید خاتمی و دکتر ناصر شمس که راهنمایی این پایان نامه را پذیرفته و در کلیه مراحل تحقیق و تدوین آن، اینجانب را هدایت نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

از کلیه عزیزانی که در مرکز تحقیقات مخابرات ایران با تجارب ارزشمند خویش مرا در انجام پایان نامه یاری نموده اند به ویژه آقایان مهندس میرزاپور، مهندس سلیمانی نیا، مهندس حسینی و دکتر رضایی صمیمانه سپاسگذارم.

همچنین از استاد گرانقدر دکتر معطر حسینی که در ویرایش و بازنویسی پایان نامه مرا یاری نمودند تشکر و قدردانی نموده و توفیقات روز افزون این عزیزان را در تمامی مراحل زندگی از درگاه ایزد منان خواهانم.

## چکیده

در این پایان نامه فناوری شناسایی توسط امواج رادیویی (RFID) بررسی شده است. در این بررسی اصول و مفاهیم اولیه، کاربردها، مزایای و معایب لازم برای شناخت فناوری بیان شده است. از این فناوری برای جمع آوری اطلاعات استفاده می کنند. از اینرو این فناوری و فناوری اطلاعات رابطه تنگاتنگ با هم دارند. همچنین وضعیت بالفعل و بالقوه فناوری RFID در دنیا به ویژه در ایران پژوهش شده است. برای آشنایی کاربردی با فناوری RFID یک نمونه تگ ساخته شد. این تگ فرایند وظایف یک تگ واقعی را شبیه سازی می کند. همچنین یک دستگاه خواننده ساخته شد. دستگاه خواننده ساخته شده اغلب کارت های موجود در بازار را می تواند بخواند. این دستگاه نسبت به نمونه های خارجی هم کوچکتر و هم ارزانتر است. دستگاه مذکور برای کاربردهایی که به کنترل دسترسی افراد نیاز باشد بسیار مناسب است. بخش نهایی پایان نامه به بررسی امکان سنجی تولید تگ از نوع برچسب در ایران پرداخته است. بر حسب اطلاعات به دست آمده از امکان سنجی، می توان سرمایه گذاری اولیه، قیمت تمام شده برچسب و میزان برچسب تولید شده در نقطه سربه سر را به دست آورد. برای به صرفه بودن تولید ارزان ترین تگ، لازم است سالانه ۲۰ میلیون تگ به قیمت ۵۰۰۰ ریال تولید شود.

## فهرست

|    |  |
|----|--|
| ۲  | ۱-۱ پیش زمینه  |
| ۴  | ۲-۱ هدف از تحقیق                                     |
| ۴  | ۳-۱ ضرورت انجام تحقیق                                |
| ۴  | ۴-۱ مسئله تحقیق                                      |
| ۴  | ۵-۱ فرض تحقیق  |
| ۴  | ۶-۱ ساختار پایان نامه                                |
| ۷  | ۱-۲ مقدمه  |
| ۷  | ۲-۲ تعریف RFID                                       |
| ۷  | ۳-۲ تاریخچه RFID                                     |
| ۱۰ | ۴-۲ سیستم های شناسایی خودکار و جایگاه سیستم های RFID |
| ۱۱ | ۱-۴-۲ سیستمهای بارکد                                 |
| ۱۲ | ۲-۴-۲ سیستمهای شناسایی کارکترهای نوری (OCR)          |
| ۱۲ | ۳-۴-۲ سیستمهای شناسایی بیولوژیکی                     |
| ۱۲ | ۴-۴-۲ سیستمهای شناسایی کارتهای هوشمند                |
| ۱۲ | ۵-۴-۲ سیستمهای RFID                                  |
| ۱۳ | ۶-۴-۲ مقایسه بین انواع سیستم های شناسایی خودکار      |
| ۱۳ | ۷-۴-۲ مقایسه بارکد و RFID                            |
| ۱۵ | ۵-۲ انواع سیستمهای RFID                              |
| ۱۵ | ۱-۵-۲ سیستم RFID بر اساس کاربرد                      |
| ۱۵ | ۲-۵-۲ سیستم های RFID بر اساس نحوه ارتباط             |
| ۱۶ | ۳-۵-۲ سیستم های RFID بر اساس حافظه                   |
| ۱۸ | ۴-۵-۲ سیستم های RFID بر اساس فرکانس، برد و تزویج     |
| ۱۹ | ۵-۵-۲ سیستم های RFID بر اساس میزان پردازش اطلاعات    |
| ۲۰ | ۶-۲ کاربردها   |
| ۲۲ | ۱-۶-۲ سیستمهای کنترل دسترسی و امنیت                  |
| ۲۴ | ۲-۶-۲ سیستمهای شناسایی در ردیابی و مدیریت ناوگان     |
| ۲۸ | ۳-۶-۲ کاربردهای عمومی                                |
| ۳۱ | ۴-۶-۲ کاربردهای RFID در صنعت خودروسازی               |
| ۳۵ | ۷-۲ چالشها و نگرانیها                                |
| ۳۵ | ۱-۷-۲ مقدمه  |
| ۳۵ | ۲-۷-۲ نگرانیهای حریم شخصی                            |

|    |   |
|----|---|
| ۳۶ | ..... ۳-۷-۲ نگرانی های حفاظتی                     |
| ۳۶ | ..... ۸-۲ امنیت در سیستم های RFID                 |
| ۳۷ | ..... ۹-۲ انواع حملات به سیستمهای RFID            |
| ۳۸ | ..... ۱-۹-۲ راهحلهای فنی                          |
| ۳۹ | ..... ۲-۹-۲ راهحلهای قانونی                       |
| ۴۲ | ..... ۱۰-۲ مزایا و معایب RFID                     |
| ۴۳ | ..... ۱۱-۲ نتیجه گیری                             |
| ۴۵ | ..... ۳-۱-مقدمه                                   |
| ۴۵ | ..... ۲-۳ فرکانس                                  |
| ۴۵ | ..... ۱-۲-۳ فرکانس پایین LF                       |
| ۴۵ | ..... ۲-۲-۳ فرکانس بالا HF                        |
| ۴۶ | ..... ۳-۲-۳ فرکانس خیلی بالا UHF                  |
| ۴۶ | ..... ۴-۲-۳ فرکانس میکروویو                       |
| ۴۹ | ..... ۳-۳ استاندارد                               |
| ۴۹ | ..... ۱-۳-۳ استاندارد EPC                         |
| ۵۳ | ..... ۲-۳-۳ استاندارد ISO                         |
| ۵۳ | ..... ۳-۳-۳ مقایسه دو استاندارد ISO و EPC         |
| ۵۴ | ..... ۴-۳ اجزای اصلی سیستم RFID و نحوه عملکرد آن  |
| ۵۴ | ..... ۱-۴-۳ تگ                                    |
| ۵۵ | ..... ۲-۴-۳ دستگاه خواننده                        |
| ۵۵ | ..... ۳-۴-۳ آنتن                                  |
| ۵۵ | ..... ۵-۴-۳ میان افزار                            |
| ۵۶ | ..... ۶-۴-۳ پایگاه داده                           |
| ۵۷ | ..... ۵-۳ تگ و انواع آن :                         |
| ۵۹ | ..... ۲-۵-۳ دسته بندی تگ ها بر اساس استاندارد EPC |
| ۶۰ | ..... ۳-۵-۳ مدارات داخلی تگ                       |
| ۶۳ | ..... ۴-۵-۳ ساخت تگ                               |
| ۶۶ | ..... ۶-۳ آنتن ها                                 |
| ۶۷ | ..... ۱-۶-۳ میدان نزدیک                           |
| ۶۸ | ..... ۲-۶-۳ میدان دور                             |
| ۷۱ | ..... ۷-۳ دستگاه خواننده (Reader)                 |
| ۷۴ | ..... ۸-۳ میان افزار                              |
| ۷۵ | ..... ۹-۳ نتیجه گیری                              |

|     |   |
|-----|---|
| ۷۷  | ۱-۴ مقدمه   |
| ۷۷  | ۲-۴ مفاهیم اولیه در ارتباطات رادیویی                    |
| ۷۸  | ۱-۲-۴ انواع مدولاسیون                                   |
| ۷۹  | ۲-۲-۴ کد گذاری داده ها                                  |
| ۸۰  | ۳-۲-۴ انواع روش‌های ارتباط تگ و دستگاه خواننده          |
| ۸۳  | ۴-۲-۴ مسئله ضد تصادم و روشهای دسترسی چند گانه           |
| ۸۶  | ۳-۴ طراحی و ساخت تگ در باند فرکانسی ۱۳/۵۶ مگا هرتز      |
| ۸۷  | ۱-۳-۴ مدار تشدید موازی                                  |
| ۹۰  | ۲-۳-۴ مدار محافظ  |
| ۹۱  | ۳-۳-۴ تولید زیر حامل                                    |
| ۹۲  | ۴-۳-۴ کد کردن به روش منچستر                             |
| ۹۲  | ۵-۳-۴ مدولاسیون بار                                     |
| ۹۴  | ۶-۳-۴ بدست آوردن پالسهای میلر از میدان فرکانس بالا      |
| ۹۵  | ۴-۴ طراحی و ساخت دستگاه خواننده در فرکانس ۱۲۵ کیلو هرتز |
| ۹۵  | ۱-۴-۴ تراشه   |
| ۹۵  | ۱-۴-۴ آنتن  |
| ۹۶  | ۲-۴-۴ میکروکنترلر                                       |
| ۹۷  | ۳-۴-۴ فرمت اطلاعات خروجی                                |
| ۹۷  | ۴-۴-۴ تغذیه دستگاه خواننده                              |
| ۹۷  | ۵-۴-۴ نحوه ارتباط با کامپیوتر                           |
| ۹۸  | ۶-۴-۴ نرم افزار   |
| ۱۰۳ | ۵-۴ نتیجه گیری  |
| ۱۰۵ | ۱-۵ مقدمه   |
| ۱۰۵ | ۲-۵ تحلیل هزینه - سود                                   |
| ۱۰۶ | ۳-۵ بازگشت سرمایه                                       |
| ۱۰۹ | ۳-۳-۵ مسیر های بازگشت سرمایه                            |
| ۱۱۰ | ۴-۵ هزینه های ایجاد و توسعه فناوری RFID                 |
| ۱۱۰ | ۱-۴-۵ هزینه های سخت افزار                               |
| ۱۱۰ | ۲-۴-۵ هزینه های نرم افزار                               |
| ۱۱۰ | ۳-۴-۵ هزینه های خدمات                                   |
| ۱۱۰ | ۴-۴-۵ هزینه‌های ثابت                                    |
| ۱۱۰ | ۵-۴-۵ هزینه‌های متغیر                                   |



- ۱۱۱..... ۶-۴-۵ هزینه های تگ
- ۱۱۱..... ۷-۴-۵ هزینه های دستگاه خواننده
- ۱۱۲..... ۸-۴-۵ هزینه آنتن
- ۱۱۲..... ۹-۴-۵ هزینه نصب
- ۱۱۲..... ۱۰-۴-۵ هزینه کنترلرها
- ۱۱۲..... ۱۱-۴-۵ هزینه تنظیم:
- ۱۱۲..... ۱۲-۴-۵ هزینه های نرم افزار:
- ۱۱۳..... ۵-۵ برآورد هزینه برای تولید تگ
- ۱۱۴..... ۱-۵-۵ هزینه ماشین
- ۱۱۶..... ۲-۵-۵ هزینه مواد
- ۱۱۷..... ۳-۵-۵ هزینه ناشی از عدم راندمان کامل ماشین
- ۱۱۹..... ۶-۵ امکان سنجی
- ۱۱۹..... ۱-۶-۵ بخش اول مطالعه بازار
- ۱۲۲..... ۲-۶-۵ مطالعات فنی
- ۱۲۶..... ۳-۶-۵ مطالعات مالی
- ۱۳۱..... ۴-۶-۵ محاسبات قیمت تمام شده و نقطه سر به سر
- ۱۳۳..... ۵-۶-۵ شاخص های اقتصادی
- ۱۳۳..... ۷-۵ نتیجه گیری

|  |   |
|--|---|
| شکل ۱-۲ خط زمانی پیشرفت RFID [ ۷ ]   | ۸   |
| شکل ۲-۲ انواع سیستم های شناسایی خودکار   | ۱۱  |
| شکل ۳-۲ دو نوع از سیستم های شناسایی بارکد  | ۱۱  |
| شکل ۴-۲ مقایسه روشهای ارسال اطلاعات در سیستمهای RFID   | ۱۶  |
| شکل ۵-۲ مقایسه سیستمهای RFID از نظر نوع پردازش   | ۲۰  |
| شکل ۶-۲ رشد تقریبی بازار جهانی سیستم های RFID بر حسب کاربردشان در سالهای ۲۰۰۵-۲۰۰۰               | ۲۱  |
| شکل ۷-۲ مجموع تگ ها در دو سال ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷  | ۲۱  |
| جدول ۴-۲ انواع کاربردها مطرح برای سینم های RFID  | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.                    |
| شکل ۸-۲ استفاده از برچسب RFID به همراه برچسب قیمت کالا   | ۴۰  |
| شکل ۹-۲ شیوه غیرفعال کردن برچسب RFID پس از خرید کالا توسط مشتری                                  | ۴۱  |
| شکل ۲-۳ میزان تگ های استفاده شده در باند های مختلف [ ]   | ۴۷  |
| شکل ۱-۳ باندهای فرکانسی UHF در کشورهای مختلف [ ۳۳ ]  | ۴۷  |
| شکل ۴-۳ مثالی از تخصیص کد به یک قلم کالا   | شکل ۳-۳ ساختار کد یونیک جهانی                   |
| شکل ۵-۳ ساختار کد محصول لکترونیکی در تگهای ۹۶ بیتی RFID  | ۵۱  |
| شکل ۶-۳ ساختار کد محصول الکترونیکی در تگهای ۶۴ بیتی RFID   | ۵۲  |
| شکل ۷-۳ نمونههای از یک کد الکترونیکی ۹۶ بیتی   | ۵۲  |
| شکل ۸-۳ تگ در شکل های مختلف  | ۵۵  |
| شکل ۹-۳ اجزای مختلف سیستم های RFID   | ۵۶  |
| شکل ۱۰-۳ اجزا مختلف سیستم RFID و فرایند ارتباط این اجزا  | ۵۶  |
| شکل ۱۱-۳ نحوه عمل سیستم RFID به صورت کلی [44]  | ۵۷  |
| شکل ۱۲-۳ انواع تگ ها شامل غیر فعال (در سمت چپ) و فعال و نیمه فعال (در سمت راست)                  | ۵۸  |
| شکل ۱۳-۳ بخشهای اصلی تگ  | ۶۰  |
| شکل ۱۴-۳ مدار شماتیک تگ بدون باتری در حالت تزویج القایی  | ۶۱  |
| شکل ۱۵-۳ یک نمونه از برچسبهای RFID نوع غیر فعال [ ۱۲ ]   | ۶۱  |
| شکل ۱۶-۳ مراحل ساخت برچسبهای RFID [ ۳۴ ]   | ۶۲  |
| شکل ۱۷-۳ بخشهای اصلی یک تراشه تگ   | ۶۳  |
| شکل ۱۸-۳ مراحل اساسی برای ساخت برچسب الکترونیکی RFID   | ۶۳  |
| شکل ۱۹-۳ روند کوچک شدن اندازه تراشه در سالهای ۲۰۰۰-۱۹۸۴ و همچنین نسبت هزینه ساخت به اندازه تراشه | ۶۴  |
| شکل ۲۰-۳ اندازه قطعات نیمه هادی در دو اندازه که روی صفحه سکه یک پنی قرار گرفته اند               | ۶۵  |
| شکل ۲۱-۳ فرایند مونتاژ در یک محیط سیال   | شکل ۳-۲۲ فرایند مونتاژ از طریق یک مجرای شیب دار |
| شکل ۲۳-۳ میدان دور و نزدیک و آنتن های استفاده شده در هر میدان                                    | ۶۶  |
| شکل ۲۴-۳ نحوه ساخت آنتن با استفاده از قالب   | ۷۰  |
| شکل ۲۵-۳ نحوه ساخت آنتن با استفاده از جوهر هادی  | ۷۰  |
| شکل ۲۶-۳ اجزا مختلف دستگاه خواننده   | ۷۱  |
| شکل ۲۷-۳ دستگاه خواننده RFID در انواع مختلف (متحرک، ثابت و دستی) [ ۱۵ ]                          | ۷۳  |

|     |   |
|-----|---|
| ۷۷  | شکل ۴-۱۱ اجزای اصلی یک ارتباط رادیویی   |
| ۷۸  | شکل ۴-۲ مدولاسیون دامنه و ASK   |
| ۷۹  | شکل ۴-۳ مدولاسیون فرکانس و FSK  |
| ۷۹  | شکل ۴-۴ مدولاسیون فاز و PSK   |
| ۸۰  | شکل ۴-۵ مشخصه چند نوع کدینگ   |
| ۸۱  | شکل ۴-۶ ارتباط بین تگ و دستگاه خواننده توسط روش تزویج خازنی                     |
| ۸۱  | شکل ۴-۷ نحوه ارتباط بین تگ و دستگاه خواننده در روش تزویج القایی                 |
| ۸۳  | شکل ۴-۸ نحوه ارتباط بین تگ و دستگاه خواننده در تزویج از نوع انتشار برگشتی       |
| ۸۴  | شکل ۴-۹ روشهای ضد تصادم در سیستم های RFID                                       |
| ۸۷  | شکل ۴-۱۰ مدار شماتیک تگ شبیه سازی شده   |
| ۸۸  | شکل ۴-۱۱ مدار تشدید و تغییرات امپدانس مدار تشدید برحسب فرکانس با توجه به ضریب Q |
| ۸۹  | شکل ۴-۱۲ امپدانس مدار تشدید موازی به همراه تغییرات Q                            |
| ۸۹  | شکل ۴-۱۳ تاثیر ضریب کیفیت Q روی سیگنال دریافتی                                  |
| ۹۱  | شکل ۴-۱۴ منحنی مشخصه دیود زener   |
| ۹۱  | شکل ۴-۱۵ با تقسیم فرکانس به ۱۶ فرکانس حامل بدست می آید                          |
| ۹۲  | شکل ۴-۱۶ فرایند کد کردن زیر حامل با روش منچستر                                  |
| ۹۳  | شکل ۴-۱۷ نحوه سوئیچینگ برای مدولاسیون بار                                       |
| ۹۳  | شکل ۴-۱۸ مدولاسیون سیگنال زیر حامل با سیگنال اصلی                               |
| ۹۴  | شکل ۴-۱۹ آشکار سازی پوش در تگ   |
| ۹۴  | شکل ۴-۲۰ مدار شماتیک و لی اوت تگ شبیه سازی شده                                  |
| ۹۵  | شکل ۴-۲۱ بلوک دیاگرام دستگاه خواننده در فرکانس ۱۲۵ کیلوهرتز                     |
| ۹۶  | شکل ۴-۲۲ سیم پیچ با ۱۰۰ دور و سیم ۰/۲۵ استفاده شده برای آنتن دستگاه خواننده     |
| ۹۶  | شکل ۴-۲۳ مدار شماتیک دستگاه خواننده   |
| ۹۶  | شکل ۴-۲۴ مدار کامل شده دستگاه خواننده   |
| ۹۷  | شکل ۴-۲۵ بخش تغذیه دستگاه خواننده   |
| ۹۸  | شکل ۴-۲۶ کانکتور و کابل مربوط به اتصال دستگاه خواننده به کامپیوتر               |
| ۹۸  | شکل ۴-۲۷ دستگاه خواننده که بطور کامل مونتاژ شده                                 |
| ۱۰۰ | شکل ۴-۲۸ ظاهر نرم افزار طراحی شده   |
| ۱۰۱ | شکل ۴-۲۹ نمایش گزینه ها برای اتصال به کامپیوتر و نمایش تاریخ و ساعت جاری        |
| ۱۰۱ | شکل ۴-۳۰ نحوه قرار گرفتن کارت مقابل دستگاه خواننده                              |
| ۱۰۲ | شکل ۴-۳۱ نمایش اطلاعات خوانده شده کارت های RFID                                 |
| ۱۰۲ | شکل ۴-۳۲ اطلاعات ذخیره شده در فایل TXT  |
| ۱۰۸ | شکل ۵-۱ زمان بازگشت سرمایه بر حسب پالت در ماه                                   |
| ۱۰۹ | شکل ۵-۲ دسته بندی برگشت سرمایه  |
| ۱۳۲ | شکل ۵-۳ نقطه سر به سر تولید بر حسب  |

|          |   |
|----------|---|
| ۹۰.....  | جدول (۱-۲): نمایش پیشرفت RFID در هر دهه [۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵]                       |
| ۱۳.....  | جدول ۲-۲ مقایسه بین انواع سیستم های شناسایی خودکار  |
| ۲۱.....  | جدول ۳-۲ حجم فروش تگهای RFID بر اساس کاربردشان  |
| ۴۸.....  | جدول ۱-۳ مقایسه ای بین انواع محدوده فرکانسی سیستم های RFID [۱۲، ۱۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹، ۴۰] |
| ۵۲.....  | جدول ۲-۳ دسته بندی برچسبهای RFID از لحاظ نوع EPC [۱۳]   |
| ۵۳.....  | جدول ۴-۳ استانداردهای ISO برای برچسبهای RFID [۴۲]   |
| ۵۳.....  | جدول ۵-۳ مقایسه دو استاندارد ISO و EPC بر اساس مشخصات سازمانی و رویه آنها در استاندارد سازی     |
| ۵۸.....  | جدول ۶-۳ مقایسه انواع برچسب RFID [۹، ۱۲، ۱۵، ۳۴، ۳۶، ۴۴]  |
| ۵۹.....  | جدول ۱۷-۳ اثرات مواد بر سیگنال تگ های RFID [۳۹]   |
| ۶۰.....  | جدول ۸-۳ دسته بندی تگ های RFID [۱۳، ۳۷، ۳۹، ۴۰]   |
| ۱۰۵..... | جدول ۱-۵ منافع حاصل از اجرای سیستم RFID   |
| ۱۰۷..... | جدول ۲-۵ دسته بندی هزینه نصب سیستم RFID در انبار  |
| ۱۲۲..... | جدول ۳-۵ هزینه مواد اولیه   |
| ۱۲۳..... | جدول ۴-۵ تجهیزات تولیدی   |
| ۱۲۳..... | جدول ۵-۵ تجهیزات کمکی   |
| ۱۲۴..... | جدول ۶-۵ تجهیزات خدماتی   |
| ۱۲۵..... | جدول ۷-۵ هزینه اتصال به شبکه عمومی برق و گاز  |
| ۱۲۵..... | جدول ۸-۵ نیروی انسانی مستقیم تولید  |
| ۱۲۵..... | جدول ۹-۵ نیروی انسانی غیر مستقیم (اداری)  |
| ۱۲۶..... | جدول ۱۰-۵ هزینه زمین و ساختمان  |
| ۱۲۷..... | جدول ۱۱-۵ هزینه سرمایه گذاری ثابت   |
| ۱۲۸..... | جدول ۱۲-۵ هزینه های قبل از بهره برداری  |
| ۱۲۹..... | جدول ۱۳-۵ هزینه های بهره برداری سالیانه   |
| ۱۳۰..... | جدول ۱۴-۵ محاسبه سرمایه در گردش   |
| ۱۳۰..... | جدول ۱۵-۵ هزینه های سرمایه در گردش  |
| ۱۳۱..... | جدول ۱۶-۵ مجموع سرمایه گذاری اولیه  |
| ۱۳۱..... | جدول ۱۷-۵ محاسبه نقطه سر به سر  |
| ۱۳۲..... | جدول ۱۸-۵ میزان واحد های تولید شده و هزینه های تولید  |

# فصل ١

مقدمه

## ۱ مقدمه

### ۱-۱ پیش زمینه

فناوری RFID<sup>۱</sup> می‌تواند شکلی تازه به زندگی انسان‌ها بیخشد و آن را از قالب سنتی و همیشگی خود خارج کند. این نوع فناوری‌ها معمولاً آهسته وارد می‌شوند تا مقاومت کمتری در مقابل آن‌ها صورت گیرد. با این وجود وقتی که این فناوری‌ها فراگیر می‌شوند، زندگی بدون آن‌ها غیرقابل تصور می‌شود. هم اکنون فناوری RFID در مراحل اولیه ورود خود به دنیای واقعی به سر می‌برد و دیر یا زود فراگیر خواهد شد.

موضوع سیستم شناسایی از طریق امواج رادیویی یکی از فناوری‌های موثر و راهبردی در بسیاری از صنایع عمده است. بسیاری از سازمان‌های دوراندیش پس از آشنایی با این فناوری از آن برای رفع مشکلات و ارتقای خود بهره می‌گیرند. برای نمونه، در یک خط تولید به کمک RFID می‌توان کالا را از کارخانه تا مشتری کنترل شود با استفاده از این فناوری، صرفه جویی‌های کلان در هزینه‌های انبار داری و جلوگیری از ایجاد ضایعات می‌توان نمود.

در سال‌های اخیر روش‌های شناسایی خودکار (Auto-ID) در خدمات، صنعت و پشتیبانی بسیار رایج گردیده است. این روش‌ها امروزه در شناسایی انسان‌ها، حیوان‌ها و حمل و نقل کالاها و تولیدات به کار می‌روند. فناوری RFID در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ به عنوان یکی از ده فناوری برتر در دنیا معرفی شده است [۲۳]. هدف از فناوری RFID ایجاد محیطی است که اشیاء در آن تشخیص داده، شناسایی شوند و از محل تولید تا رسیدن به دست مشتری قابل پیگیری و ردیابی باشند [۲۴].

رواج و استفاده از بارکدها یک انقلاب در سیستم‌های شناسایی و از دیرباز قابل توجه بوده است. البته بارکدها علی‌رغم ارزانی، مشکلات زیادی دارند. ظرفیت کم ذخیره‌سازی و عدم امکان برنامه نویسی مجدد، از جمله این ایرادات است. راه حل فنی مناسب ذخیره‌سازی اطلاعات در یک تراشه سیلیکونی است. امروزه استفاده از این تراشه‌ها در کارت‌های هوشمند بسیار رایج شده است. این کارت‌ها بر اثر قرار گرفتن در یک میدان تماس فعال می‌شوند. بدین معنی که کارت تنها هنگامی قادر به رد و بدل اطلاعات خواهد بود که در میدان دستگاه «خواننده» (reader) قرار گیرد. در اغلب موارد این گونه کارت‌ها واقعا تماس مکانیکی با میدان ندارند اما انتقال اطلاعات بدون تماس مکانیکی استفاده از این گونه کارت‌ها را انعطاف می‌کند. «سیستم‌های شناسایی بدون تماس» به سیستم‌های RFID (شناسایی توسط فرکانس‌های رادیویی) معروفند.

امروزه شمار بسیاری از شرکت‌ها در توسعه و فروش سیستم‌های RFID فعالند. RFID بازار قابل توجهی را در کشورهای پیشرفته به خود اختصاص داده است. این بازار زیر مجموعه بخش در حال رشد صنعت فناوری رادیویی (شامل تلفن‌های موبایل و بی‌سیم) است. در سال‌های اخیر شناسایی بدون تماس به عنوان یک زمینه علمی و مستقل به پیشرفت‌های استثنایی رسیده است. این زمینه توانسته مجموعه‌ای

<sup>۱</sup> Radio Frequency Identification

از عناصری بسیار متفاوت را در کنار هم جمع آوری کرده است از آن جمله می توان از فناوری HF<sup>2</sup>، EMC<sup>3</sup>، ساخت نیمه هادی، امنیت اطلاعات، ارتباط راه دور و مانند آن یاد کرد.

در حال حاضر بسیاری از شرکت‌های مختلف در کشور های صنعتی برای کارآمدی زنجیره تامین خود به شدت در حال توسعه سیستم‌های خود با استفاده از رویه‌های شناسایی خودکار در زنجیره‌های تولید خود هستند. فناوری مورد بحث اغلب به صورت یکپارچه با فناوری اطلاعات در کشورهای مختلف مطرح می‌شود [۱].

فناوری RFID چندین دهه است که مورد استفاده گرفته است. اما در قرن ۲۱ یک عصر و دوره‌ی جدیدی در گسترش استفاده از RFID به وجود آمده است. به طوری که یک شرکت تولید کننده تجهیزات این فناوری به تنهایی در سال ۲۰۰۶ نزدیک ۱/۳ میلیارد برچسب RFID فروخته است [۲].

در ابتدای استفاده از RFID، از آن در بهبود مدیریت زنجیره تولید صنایع مختلف و مکان‌هایی که مدیریت پیگیری کالاها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بود، مورد بهره برداری قرار گرفت. اما کم کم با ظهور شبکه جهانی کدهای الکترونیکی، ارزش RFID بیش از پیش برای صاحبان صنایع مشخص شد. با استفاده از این شبکه، چالش‌های دنیای واقعی از طریق انتشار خودکار اطلاعات، ارزیابی لحظه‌ای و با دقت اطلاعات برای همه بخش‌های موجود در زنجیره تولید برطرف شد [۳].

در ۵۰ سال گذشته تقریباً ۱/۵ بیلیون تگ در سراسر جهان فروخته شده است. ولی در سال ۲۰۰۷ به تنهایی ۱ بیلیون تگ فروخته خواهد شد. پیش بینی می شود که تا سال ۲۰۱۵ حدود ۱ تریلیون تگ به فروش برسد. همچنین به‌کارگیری RFID در وسایل همراه مانند تلفن و کامپیوتر نیز مطرح شده است. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که RFID به گونه‌ای پرشتاب در بسیاری از ابعاد زندگی نفوذ نموده است. در طی تنها نیم قرن کاربرد آن در بسیاری از جنبه‌های زندگی خودنمایی کرده است [۴]. سرعت رشد و توسعه این فن‌آوری، تحولی عظیم در بسیاری از صنایع ایجاد نمود و بسیاری از رویه‌های موجود را دچار تغییرات اساسی کرده است. به نظر می‌رسد که روز به روز زمینه‌های جدیدتری نیز برای بهره‌گیری از توان این فن‌آوری کشف گردد [۵].

به طور کلی سادگی استفاده از فناوری RFID در محیط‌های صنعتی عمده‌ترین خصوصیتی است که آن را از سایر فناوری های مشابه متمایز می‌سازد. یکی از امکانات ساده‌ای که RFID در اختیار کاربران قرار می‌دهد، عدم نیاز به یک خط مستقیم بین تگ و دستگاه خواننده برای شناسایی است، به طوری که تگ‌ها در هر جهتی نسبت به دستگاه خواننده و یا حتی از داخل بسته‌بندی از طریق امواج الکترومغناطیسی قابل شناسایی خواهند بود. همچنین دستگاه خواننده می‌تواند چندین تگ را به طور همزمان شناسایی کرده و اطلاعات آن‌ها را بخواند. تگ‌های RFID حافظه‌هایی با قابلیت خواندن و نوشتن را، با استفاده از تکنیک‌های امنیتی بالا در اختیار کاربران قرار می‌دهند. امروزه اکثر حافظه‌های موجود در برچسب‌ها به صورت

<sup>2</sup> High frequency

<sup>3</sup> electromagnetic compatibility

خواندنی/نوشتنی با قابلیت پارتیشن‌بندی طراحی می‌شوند، به طوری که می‌توان برخی از پارتیشن‌ها (به عنوان مثال پارتیشن مربوط به شماره سریال) را به صورت غیر قابل تغییر تنظیم کرد [۶].

### ۲-۱ هدف از تحقیق

شناسایی فناوری RFID به منظور فراگیر شدن استفاده آن در صنایع و انتقال دانش فنی این فناوری و بررسی امکان ساخت و تولید آن در کشور.

### ۳-۱ ضرورت انجام تحقیق

با توجه به تاثیر شگرفی که این فناوری در کاهش هزینه‌ها و تلفات و همچنین افزایش راندمان در فرایندهای تولیدی و خدماتی بوجود می‌آورد لزوم توجه به این فناوری در کشور که با محدودیت‌های گوناگونی روبرو است امری ضروری به نظر می‌آید.

### ۴-۱ مسئله تحقیق

آیا مشخصات فناوری بکار رفته در سیستم‌های RFID و همچنین کاربرد‌های بالقوه آن در ایران بخوبی تبیین شده است؟  
آیا سرمایه‌گذاری برای ساخت در داخل کشور توجه اقتصادی دارد؟

### ۵-۱ فرض تحقیق

با توجه به تنوع سیستم‌های RFID و گستردگی آن پرداختن به همه جوانب آن خارج از توان این تحقیق است لذا در این تحقیق عمده توجه به سیستم‌های RFID از نوع غیر فعال بخصوص برچسب‌های غیر فعال می‌باشد

### ۶-۱ ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه شامل ۶ فصل می‌باشد که بطور خلاصه در زیر آورده می‌شود.  
فصل اول (مقدمه) - در این فصل توضیحات کلی پیرامون سیستم‌های RFID آورده شده است و همچنین دلایل رشد سریع و خلاصه‌ای از بازار این سیستم‌ها مورد بحث قرار گرفته است.  
فصل دوم (مرور کلی موضوع) - در این فصل توضیحاتی در مورد تاریخچه این فناوری و کارهای انجام گرفته در چند سال اخیر و سیستم‌های شناسایی خودکار و جایگاه سیستم RFID و انواع این سیستم‌ها آورده شده است. همچنین پیرامون کاربردهای این فناوری و چالش‌ها و نگرانی‌های موجود در پذیرش این فناوری بحث شده است.

فصل سوم (اجزای سیستم RFID (نحوه کار و روش‌های ساخت)) - در این بخش اجزای سیستم‌های RFID و فرکانس و استاندارد در این سیستم‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. همچنین به علت اهمیت، انواع تگ‌های



RFID و روشهای ساخت آن بطور انبوه بیشتر توضیح داده شده است. همچنین هزینه ساخت آن بطور تقریبی محاسبه گردیده است.

فصل چهارم (مفاهیم بنیادی فناوری شناسایی رادیویی (طراحی و ساخت)) - در این فصل ابتدا مفاهیم اولیه‌ای که در هر ارتباط رادیویی مطرح می‌شود بیان گردیده و بطور خلاصه انواع ارتباط‌هایی که در سیستم‌های RFID رایج است و همچنین مدولاسیون و کدینگ بکار رفته در این سیستم‌ها بیان می‌شود. در ادامه فرایند ساخت یک نوع تگ در فرکانس ۱۳/۵۶ مگاهرتز و یک دستگاه خواننده در فرکانس ۱۲۵ کیلوهرتز آورده شده است و کاربردهایی که توسط این دستگاه خواننده در کنترل دسترسی مورد انتظار است بحث می‌شود.

فصل پنجم (امکان سنجی) - در این فصل در مورد بکارگیری سیستم RFID در یک موسسه از نظر هزینه و منافی که این سیستم‌ها ایجاد می‌کنند مورد بحث قرار می‌گیرد. همچنین در مورد برگشت سرمایه حاصل از سرمایه‌گذاری در این نوع سیستم‌ها بحث شده است و با استفاده از اطلاعات دریافتی از یک شرکت خارجی هزینه تولید تگ بصورت برچسب در فرکانس UHF در حجم تولید بسیار بالا آورده شده است. و در پایان مطالعات امکان‌سنجی برای تولید برچسب‌های RFID در ایران و تعیین نقطه سر به سر و قیمت تمام شده بیان شده است.

فصل ششم (نتیجه‌گیری و پیشنهادات) در این فصل نتیجه‌گیری در مورد کاربرد‌ها، ساخت تجهیزات این فناوری و امکان ساخت تگ‌های RFID انجام گرفته است.

# فصل ۲

مرور کلی موضوع

## ۲ مرور کلی موضوع

### ۲-۱ مقدمه

در این بخش ابتدا توصیفی برای سیستم های RFID آورده می شود تا مرز این سیستم با دیگر سیستم های مشابه مخابراتی متمایز شود. سپس تاریخچه پیدایش و روند توسعه این سیستم ها بیان شده است و بطور مختصر کارهای انجام گرفته در ایران را در چند سال اخیر بیان گردیده است. در ادامه برای تعیین جایگاه سیستم های RFID و مزیت آن نسبت به سایر سیستم های شناسایی خلاصه ای از این سیستم ها بیان شده و مقایسه ای بین آنها انجام گرفته است. سپس انواع سیستم های RFID از جنبه های مختلف مورد بحث قرار گرفته است. موضوع بعدی کاربردهای این سیستم بویژه در ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است و در نهایت چالش ها و نگرانیهای که در مورد این سیستم ها وجود دارد و راه حل های مقابله با آن بیان گردیده است.

### ۲-۲ تعریف RFID

واژه RFID مخفف سه واژه Radio Frequency Identification است و در لغت به معنای شناسایی از طریق فرکانس رادیویی است. سیستم های RFID عموماً از سه جزء اصلی: دستگاه خواننده<sup>۴</sup>، تگ<sup>۵</sup> و یک کامپیوتر که اطلاعات دریافتی از دستگاه خواننده را ثبت و پردازش می کند، تشکیل شده اند. با وجود گستردگی استفاده از سیستم های RFID هر سیستم RFID بوسیله سه ویژگی زیر شناخته می شوند:

- شناسایی الکترونیکی: سیستم امکان شناسایی منحصر به فرد کالاها را از طریق ذخیره الکترونیکی داده فراهم می کند.
  - ارسال داده بدون تماس: تشخیص اطلاعات کالا از طریق امواج رادیویی بدون استفاده از سیم انجام می گیرد.
  - ارسال هنگام درخواست: کالای برچسب زده شده فقط وقتی شروع به ارسال اطلاعات می کند که دستگاه خواننده درخواست کند.
- سیستم های RFID از سیگنالهای الکترو مغناطیسی برای خواندن و نوشتن داده ها بدون تماس بهره گیری می کنند.

### ۲-۳ تاریخچه RFID

پیشینه فناوری شناسایی از طریق امواج رادیویی به کشف فارادی<sup>۶</sup> در سال ۱۸۶۴ مبنی بر اینکه نور و امواج رادیویی هر دو اشکالی از انرژی الکترو مغناطیسی می باشند، باز می گردد. در سال ۱۹۴۶ لئون ترمین<sup>۷</sup> ابزاری را برای دولت اتحادیه جماهیر شوروی اختراع کرد که قادر بود امواج رادیویی ایجاد شده

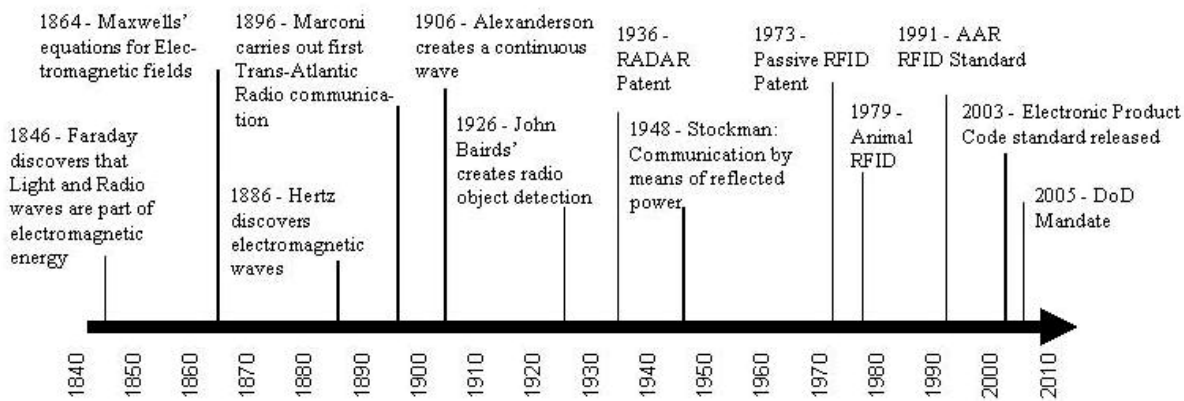
<sup>۴</sup>Reader

<sup>۵</sup>Tag

<sup>۶</sup>Faraday

<sup>۷</sup>Léon Theremin

ناشی از هرگونه وقایع و حوادث را در قالب صوت به محل مورد نظر انتقال دهد. این امواج صوتی با به حرکت درآوردن دیافراگمی که به یک دستگاه مرتعش کننده متصل بود، بازتاب امواج رادیویی را به زبان قابل فهم ترجمه می کرد. این وسیله به عنوان نخستین دستگاه مبتنی بر ساختار RFID شمرده می شود. ولی برخی منابع معتقد می باشند که فناوری RFID از سال ۱۹۲۰ در بین کارشناسان و متخصصان رواج داشته و در دهه ۱۹۶۰ تکمیل شده است. فناوری دیگری که شباهت زیادی به RFID داشت و IFF<sup>۸</sup> نام گرفته بود، در سال ۱۹۳۹ در بریتانیا اختراع شد و به عنوان وسیله ای کارآمد در جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار گرفت تا هواپیماهای آلمانی به عنوان هواپیمای دشمن آسان تر شناسایی شوند. هری استاکمن<sup>۹</sup> یک محقق آمریکایی نیز در سال ۱۹۴۸ مقاله ای را منتشر کرده بود که نشان می داد او نیز به RFID فکر کرده است. وی عنوان مقاله خود را "ارتباط بوسیله نیروی انعکاس" گذاشته بود و پیش بینی کرده بود که اگر بخواهیم از نیروی امواج رادیویی برای شناسایی اشیاء و وسایل مختلف استفاده کنیم، باید تحقیقات فراوانی را روی آن انجام دهیم. به جز این ها ده ها نفر دیگر نیز در زمینه RFID تحقیق کرده بودند و هر یک از آن ها توانسته بودند به نوبه خود در این زمینه مفید واقع شوند. در سالهای اخیر پیشرفت این فناوری موجب انقلابی در سیستمهای شناسایی و تبادلات تجاری شده است. در شکل ۱-۲ نمودار پیشرفت این فناوری ملاحظه می شود و در جدول ۱-۲ نیز پیشرفت در فواصل هر دهه نمایش داده شده است. [ ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ ]



شکل ۱-۲ خط زمانی پیشرفت RFID [ ۷ ]

<sup>۸</sup> Identify: Friend or Foe

<sup>۹</sup> Harry Stockman