



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی صنایع

# تکنولوژی RFID در بهبود زنجیره تامین با حذف خطاهای معاملاتی

مهران صالحی شهرابی

استاد راهنما :

دکتر رسول شفایی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع، گرایش صنایع

شهریور ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به افرادی که آزاده‌اند

بسمه تعالی



تاسیس ۱۳۰۷  
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تأییدیه هیأت داوران

شماره:  
تاریخ:

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان :

.....  
.....  
.....

توسط آقای / خانم ..... ، صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ..... گرایش ..... در تاریخ ..... / ..... / ۱۳..... مورد تأیید قرار می‌دهند.

۱- اسناد راهنمای اول جناب آقای / سرکار ختم دکتر ..... امضاء

۲- اسناد راهنمای دوم جناب آقای / سرکار ختم دکتر ..... امضاء

۳- اسناد مشاور جناب آقای / سرکار ختم دکتر ..... امضاء

۴- ممتحن داخلی جناب آقای / سرکار ختم دکتر ..... امضاء

۵- ممتحن خارجی جناب آقای / سرکار ختم دکتر ..... امضاء

۶- معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه جناب آقای / سرکار ختم دکتر ..... امضاء

بسمه تعالی



تاسیس ۱۳۰۷  
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

اظهارنامه دانشجو

شماره:

تاریخ:

اینجانب

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته

گرایش

دانشکده

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی

می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای / سرکار خانم دکتر ..... ، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:



حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

شماره:

تاریخ:

- ۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده ..... دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد. ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.
- ۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی باشد.

\* توجه:

این فرم می بایست پس از تکمیل، در نسخ تکثیر شده قرار داده شود.

تشکر از خدا، از خانوادم، از اساتید دوران تحصیلم، از استاد راهنمام، از

استاد مشاورم، از همه مخلوقاتی که بهم کمک کردند.

## چکیده:

در دنیای واقعی، در اثر خطاهای بوجود آمده، معمولاً موجودی واقعی با موجودی سیستم اطلاعاتی متفاوت است. در بین خطاهای مذکور، بر خلاف اکثر خطاها که بر روی موجودی فیزیکی تاثیر میگذارند، خطاهای معاملاتی بر روی موجودی سیستم اطلاعاتی تاثیر میگذارند، که به ندرت مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر یکی از راهکارهایی که در سال‌های اخیر از نظر محققین و صنعتگران به عنوان یک ابزار موثر برای بهبود عملکرد زنجیره تامین از جمله برای حذف خطاهای موجودی مورد توجه قرار گرفته است، تکنولوژی شناسایی با کمک فرکانس رادیویی<sup>1</sup> است که بوسیله الصاق برچسب<sup>2</sup> به کالاها و ارتباط از طریق امواج رادیویی، کنترل دقیقی بر روی موجودی خواهد داشت.

در قسمت اول این پژوهش، یک زنجیره تامین دوسطحی دو کالایی همراه با موجودی نادقیق ناشی از خطاهای معاملاتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آنجایی که خطاهای معاملاتی امکان افزایش موجودی را نیز دارا می‌باشند، ابتدا نشان داده می‌شود که فقط در نقطه بهینه سفارش اقتصادی، همواره سود ناشی از عدم وجود خطاهای معاملاتی بیشتر از سود ناشی از وجود خطاهای معاملاتی می‌باشد. در همین راستا، تعیین مقدار بهینه سفارش اقتصادی تحت شرایط با و بدون استفاده از تکنولوژی RFID مدلسازی و حل می‌شود. از آنجایی که استفاده از تکنولوژی RFID نیز هزینه‌ای را در بر خواهد داشت، تحلیل حساسیت هر کدام از پارامترها بمنظور تعیین شرایط اقتصادی بکارگیری RFID انجام می‌شود. همچنین برای شناسایی مهمترین عامل در تعیین بکارگیری هزینه RFID، تحلیل حساسیت مقایسات زوجی پارامترها نیز انجام می‌شود.

در قسمت دوم این پژوهش، مسئله کنترل موجودی یک خرده فروش که دچار خطای معاملاتی می‌باشد، در طول زمان مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور از یک مدل تک-کالایی چند دوره‌ای

<sup>1</sup> RFID (Radio Frequency Identification)

<sup>2</sup> Tag



که از سیاست مرور دوره‌ای پیروی می‌کند، استفاده می‌شود. از آنجایی که موجودی در اثر خطاهای معاملاتی دچار خطا می‌شود، تاثیر دو راهکار شمارش موجودی و استفاده از تکنولوژی RFID برای حذف یا کاهش خطا مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در قسمت شمارش موجودی، برخلاف اکثر مقالات که یک سیکل را برای شمارش موجودی در نظر می‌گیرند، در اینجا با بدست آوردن توابع سود و پارامترهای آن، تعیین می‌شود که در پایان چه دوره‌هایی شمارش موجودی می‌بایست انجام شود. در قسمت بکارگیری تکنولوژی RFID نیز، با توجه به آنکه این تکنولوژی در ردیابی محصولات می‌تواند دچار خطا شود، با در نظر گرفتن این میزان خطا، تابع سود محاسبه می‌شود. در این قسمت، برای حذف خطاهایی که در طول زمان جمع شده‌اند، تعیین می‌شود که موجودی سیستم اطلاعاتی را در چه دوره‌ای باید صفر کرد. از آنجایی که استفاده از هر دوی این راهکارها مستلزم صرف هزینه‌ای می‌باشد، با استفاده از شبیه‌سازی به مقایسه آن دو پرداخته می‌شود. بدین منظور با توجه به پارامترهای گوناگون، تعیین می‌شود که تغییرات توابع سود ناشی از بکارگیری دو راهکار فوق به چه صورت خواهد بود.

**کلید واژه:** RFID، خطای موجودی، زنجیره تامین، شبیه‌سازی

## فهرست مطالب

فصل اول: کلیات موضوع.....	۱
۱-۱. مقدمه.....	۲
۲-۱. مراحل پژوهش.....	۳
۳-۱. اهداف پژوهش.....	۵
فصل دوم: معرفی تکنولوژی RFID و کاربردهای آن در زنجیره تامین.....	۶
۱-۲. مقدمه.....	۷
۲-۲. تاریخچه RFID.....	۸
۳-۲. اجزای اصلی سیستم‌های مبتنی بر RFID.....	۹
۱-۳-۲. برچسب یا شناسه.....	۱۰
۲-۳-۲. برچسبخوان.....	۱۰
۳-۳-۲. میان افزار.....	۱۱
۴-۲. نحوه عملکرد یک سیستم RFID.....	۱۱
۵-۲. دسته‌بندی برچسب‌های RFID.....	۱۲
۱-۵-۲. نحوه تامین برق مصرفی برچسب‌ها.....	۱۳
۲-۵-۲. فرکانس برچسب‌ها.....	۱۵
۳-۵-۲. اشکال ظاهری برچسب‌ها.....	۱۶
۶-۲. کاربردهای RFID در حوزه‌های گوناگون.....	۱۷
۷-۲. محدودیت‌های استفاده از تکنولوژی RFID.....	۲۲
۱-۷-۲. مشکلات فنی.....	۲۲
۲-۷-۲. حریم خصوصی مشتریان.....	۲۳
۳-۷-۲. استانداردها.....	۲۴
۴-۷-۲. هزینه‌های پیاده سازی.....	۲۴
۸-۲. کاربردهای تکنولوژی RFID در مدیریت زنجیره تامین.....	۲۵
۹-۲. دسته‌بندی کاربردهای RFID در زنجیره تامین.....	۲۷

۲۹.....	۱-۹-۲. سطح مدیریت زنجیره تامین.....
۳۵.....	۲-۹-۲. موجودی نادقیق.....
۴۰.....	۳-۹-۲. اثر شلاق چرمی.....
۴۳.....	۴-۹-۲. سیاست‌های بازپرسازی.....
۴۴.....	۱۰-۲. رویکردهای متفاوت ارزیابی مزایای RFID در زنجیره‌تامین.....
۴۵.....	۱-۱۰-۲. مدل‌های تحلیلی.....
۵۷.....	۲-۱۰-۲. مدل‌های شبیه‌سازی.....
۶۴.....	۳-۱۰-۲. مطالعات موردی و آزمایشات.....
۶۹.....	۱۱-۲. شکاف‌های تحقیقاتی در این حوزه.....

## فصل سوم: بررسی خطاهای معاملاتی در مدل موجودی تک دوره‌ای..... ۷۱

۷۲.....	۱-۳. مقدمه.....
۷۳.....	۲-۳. وجود یا عدم وجود خطاهای معاملاتی.....
۷۴.....	۳-۳. شبیه‌سازی مدل.....
۸۲.....	۴-۳. آزمون معناداری اختلاف سود.....
۸۷.....	۵-۳. مدلسازی و حل مدل.....
۸۷.....	۱-۵-۳. نمادها.....
۸۸.....	۲-۵-۳. مقدار سفارش بهینه اقتصادی بدون استفاده از RFID.....
۹۱.....	۳-۵-۳. مقدار سفارش بهینه اقتصادی با استفاده از RFID.....
۹۳.....	۶-۳. تحلیل حساسیت.....
۹۳.....	۱-۶-۳. تغییرات جداگانه پارامترها.....
۹۴.....	۱-۱-۶-۳. تغییرات قیمت واحد فروش.....
۹۵.....	۲-۱-۶-۳. تغییرات هزینه کمبود.....
۹۷.....	۳-۱-۶-۳. تغییرات نرخ خطا.....
۹۸.....	۲-۶-۳. تغییرات همزمان پارامترها.....
۹۹.....	۱-۲-۶-۳. تغییر همزمان قیمت واحد فروش و هزینه کمبود.....
۹۹.....	۱-۱-۲-۶-۳. افزایش همزمان قیمت واحد فروش و هزینه کمبود.....
۹۹.....	۲-۱-۲-۶-۳. افزایش و کاهش همزمان قیمت واحد فروش و هزینه کمبود.....
۱۰۰.....	۲-۲-۶-۳. تغییر همزمان قیمت واحد فروش و نرخ خطا.....

- ۱-۲-۲-۶-۳. افزایش همزمان قیمت واحد فروش و نرخ خطا..... ۱۰۱
- ۱-۲-۲-۶-۳. افزایش و کاهش همزمان قیمت واحد فروش و نرخ خطا..... ۱۰۱
- ۳-۲-۶-۳. تغییر همزمان نرخ خطا و هزینه کمبود..... ۱۰۲
- ۱-۳-۲-۶-۳. افزایش همزمان نرخ خطا و هزینه کمبود..... ۱۰۲
- ۲-۳-۲-۶-۳. کاهش همزمان نرخ خطا و هزینه کمبود..... ۱۰۳
- ۳-۳-۲-۶-۳. افزایش و کاهش همزمان هزینه کمبود و نرخ خطا..... ۱۰۳
- ۴-۳-۲-۶-۳. افزایش و کاهش همزمان نرخ خطا و هزینه کمبود..... ۱۰۳

## فصل چهارم: بررسی خطاهای معاملاتی در مدل موجودی چند دوره‌ای..... ۱۰۵

- ۱-۴. مقدمه ..... ۱۰۶
- ۲-۴. تعریف مسئله ..... ۱۰۸
- ۳-۴. نمادها ..... ۱۱۰
- ۴-۴. تصحیح خطاها توسط شمارش موجودی ..... ۱۱۱
- ۱-۴-۴. شمارش موجودی..... ۱۱۴
- ۲-۴-۴. تعیین مقدار  $Q_{is_{t-1}}^e$ ..... ۱۱۷
- ۳-۴-۴. برآورد مقدار  $Q_{ph_{t-1}}^e$ ..... ۱۲۰
- ۵-۴. تصحیح خطاها توسط RFID ..... ۱۲۱
- ۱-۵-۴. تعیین مقدار  $Q_{ph_{t-1}}^e$ ..... ۱۲۴
- ۲-۵-۴. محاسبه سیکل صفر کردن موجودی..... ۱۲۶
- ۶-۴. مقایسه بین دو راهکار استفاده از RFID و یا شمارش موجودی ..... ۱۲۸
- ۱-۶-۴. هزینه برچسب RFID در مقابل هزینه شمارش هر واحد کالا..... ۱۲۹
- ۲-۶-۴. سطح دقت RFID در مقابل هزینه شمارش هر واحد کالا..... ۱۳۱
- ۳-۶-۴. تاثیر هزینه کمبود بر استفاده از راهکارها..... ۱۳۴

## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهاد تحقیق‌های آینده..... ۱۳۸

## مراجع..... ۱۴۲

## فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲ : انواع برچسب RFID براساس نحوه تامین انرژی..... ۱۴
- جدول ۲-۲ : انواع برچسب‌های RFID با فرکانس‌های..... ۱۵
- جدول ۳-۲ : رویکردهای متفاوت در برخورد با ارزیابی تکنولوژی RFID در زنجیره تامین..... ۲۶
- جدول ۴-۲ : مزایای RFID به تفکیک در سطح هر یک از اعضای زنجیره‌تامین..... ۳۰
- جدول ۵-۲ : بررسی عوامل موثر در ایجاد موجودی ناقیق..... ۳۷
- جدول ۶-۲ : مشخصات مقالات مدل‌های تحلیلی..... ۴۷
- جدول ۷-۲ : لیست مقالاتی که از مدل‌های شبیه‌سازی برای بررسی RFID استفاده کرده‌اند..... ۵۹
- جدول ۸-۲ : لیست مقالاتی که با مطالعه موردی و آزمایشات، RFID را در زنجیره تامین تحلیل کرده‌اند..... ۶۶
- جدول ۱-۳ : داده‌های ورودی شبیه‌سازی..... ۷۶
- جدول ۲-۳ : جدول ورود داده‌های شبیه‌سازی با تابع توزیع گاما..... ۷۹
- جدول ۳-۳ : داده‌های ورودی جهت بررسی آزمون فرض..... ۸۲
- جدول ۱-۵ : مقایسه بین هزینه‌های انجام یا عدم انجام شمارش موجودی..... ۱۱۲
- جدول ۲-۵ : جدول داده‌های ورودی شبیه‌سازی مقایسه راهکارها..... ۱۲۸

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: ساختار کلی پژوهش..... ۴
- شکل ۱-۲: اجزای سیستم تکنولوژی RFID..... ۱۰
- شکل ۲-۲: نمای کلی برچسب RFID..... ۱۰
- شکل ۳-۲: اجزای تشکیل دهنده برچسب خوان..... ۱۱
- شکل ۴-۲: مکانیزم سیستم شناسایی به کمک امواج رادیویی RFID..... ۱۲
- شکل ۵-۲: هزینه‌های پیاده‌سازی..... ۲۵
- شکل ۶-۲: مزایای بالقوه تکنولوژی RFID در زنجیره تامین..... ۲۹
- شکل ۷-۲: تقسیم بندی دیگری از تاثیر RFID در مدیریت زنجیره تامین..... ۳۳
- شکل ۸-۲: تقسیم بندی دیگری از تاثیر RFID در مدیریت زنجیره تامین..... ۳۴
- شکل ۹-۲: مطالعه یک سیستم..... ۴۵
- شکل ۱۰-۲: گام‌های لازم برای انجام یک مطالعه شبیه‌سازی..... ۵۸
- شکل ۱-۳: نمای کلی از اطلاعات ورودی شبیه‌سازی..... ۷۵
- شکل ۲-۳: اختلاف سود زمانی که خطا ۰.۲ باشد ..... ۷۷
- شکل ۳-۳: اختلاف سود زمانی که خطا ۰.۱ باشد ..... ۷۸
- شکل ۴-۳: اختلاف سود زمانی که تقاضا دارای توزیع گاما باشد ..... ۷۹
- شکل ۵-۳: هنگامی که سود داشتن خطاهای معاملاتی بیشتر است ..... ۸۰
- شکل ۶-۳: بررسی فرض نرمال بودن داده‌های آزمون فرض ..... ۸۳
- شکل ۷-۳: بررسی فرض برابری انحراف معیارهای داده‌های ورودی آزمون فرض ..... ۸۴
- شکل ۸-۳: نتیجه آزمون فرض..... ۸۴
- شکل ۹-۳: نتایج شبیه‌سازی تغییرات قیمت واحد فروش..... ۹۴
- شکل ۱۰-۳: نتایج شبیه‌سازی تغییرات هزینه کمبود ..... ۹۶

- شکل ۳-۱۱: نتایج شبیه‌سازی نرخ خطا ..... ۹۷
- شکل ۳-۱۲: نتایج شبیه‌سازی تغییرات همزمان قیمت واحد فروش و هزینه کمبود ..... ۹۹
- شکل ۳-۱۳: نتایج شبیه‌سازی تغییرات همزمان قیمت واحد فروش و نرخ خطا ..... ۱۰۱
- شکل ۳-۱۴: نتایج شبیه‌سازی تغییرات همزمان هزینه کمبود و نرخ خطا ..... ۱۰۳
- شکل ۴-۱: برخی از حالات ممکن موجودی سیستم اطلاعاتی در هنگام خطای فروش ..... ۱۱۷
- شکل ۴-۲: رفتار موجودی سیستم اطلاعاتی با وجود RFID همراه با خطا ..... ۱۲۱
- شکل ۴-۳: مقایسه سود راهکارها با هزینه‌های متفاوت برچسب RFID ..... ۱۳۰
- شکل ۴-۴: مقایسه سود راهکارها با سطوح مختلف دقت RFID ..... ۱۳۳
- شکل ۴-۵: مقایسه سود راهکارها با هزینه‌های متفاوت کمبود ..... ۱۳۶

فصل اول:

کلیات موضوع



## ۱-۱ مقدمه

همواره در مدیریت زنجیره تامین کالاهای مختلف، دو عامل جریان کالا و جریان اطلاعات به عنوان شاه‌رگ حیاتی و عوامل تعیین کننده عملکرد زنجیره تامین محسوب می‌شوند. از طرفی دیگر، میزان همبستگی بین اعضای زنجیره تامین نیز در تسهیل عملکرد عوامل فوق بسیار موثر می‌باشد. به همین خاطر، رویکردها و راهکارهایی که بتوانند به ارتباط بین اعضای زنجیره تامین کمک کنند و در نتیجه جریان کالا و اطلاعات رو بهبود ببخشند، از اهمیت خاصی برخوردار هستند. یکی از این راهکارها که در یکی دو دهه گذشته بسیار مورد توجه اهالی صنعت و پژوهشگران واقع شده است، استفاده از دانش فناوری اطلاعات و ابزارهای مرتبط با آن می‌باشد. ابزارهایی نظیر تبادل اینترنتی داده‌ها، سیستم‌های یکپارچه‌سازی فرایندهای زنجیره تامین، ابزارهای کنترل موجودی نظیر RFID و ... .

در این پژوهش به طور خاص به بررسی تاثیرات تکنولوژی RFID در مدیریت زنجیره تامین پرداخته می‌شود. برای این کار، با مطالعه مقالات و گزارشات منتشر شده، سعی می‌شود ارزیابی مناسبی از منافع و مشکلات بکارگیری تکنولوژی RFID در زنجیره تامین انجام شود. در نهایت با شناختی که از مرور ادبیات بدست می‌آید، اقدام به تعریف مسئله‌های جدید در این حوزه می‌شود و محاسبات مربوط به آن مسئله‌ها انجام می‌شود.

## ۲-۱ مراحل پژوهش

برای بررسی تاثیر تکنولوژی RFID در زنجیره تامین، می‌بایست از دو جنبه مهم: منافع مورد انتظار از RFID و چگونگی ارزیابی این منافع، مطالعات انجام شده توسط سایر محققین مورد توجه قرار گیرد. بدین منظور از چهار جنبه: مدیریت زنجیره تامین، سیاست‌های بازسازی، اثر شلاق چرمی و موجودی نادقیق، منافع حاصله از بکارگیری تکنولوژی RFID در زنجیره تامین مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در ادامه برای چگونگی ارزیابی این منافع توسط محققین، با سه رویکرد مدل‌های تحلیلی، مدل‌های شبیه‌سازی و مطالعات موردی، مورد تحلیل قرار می‌گیرند. در ادامه مسئله‌های مورد نظر تعریف شده و مورد بررسی قرار می‌گیرند.

لازم به ذکر است مقالات بررسی شده تا اول ماه اکتبر سال ۲۰۱۲ میلادی می‌باشند، همچنین در این پژوهش از مقاله مرور ادبیات (Sarac et al. (2010) برای بررسی موضوعات فوق، کمک زیادی گرفته شده است.

در شکل ۱-۱، شمای کلی فرآیند تحقیق ملاحظه می‌شود:



شکل ۱-۱: ساختار کلی پژوهش

## ۳-۱ اهداف پژوهش

در این پژوهش سعی می‌شود به اهداف زیر دست پیدا کرد:

- ارائه یک مرور ادبیات در حوزه کاربرد RFID در زنجیره تامین
- دسته‌بندی منافع RFID و دسته‌بندی رویکردهای بکارگیری RFID
- ارائه تحلیل جدید بکارگیری RFID در ادبیات موضوعی این حوزه