بکارگیری فناوری رادیوشناسه (RFID) مکانیزمی برای مدیریت زنجیره عرضه محصولات فاسدشدنی

فاطمه ذبیحی*
پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاد دانشگاهی، تهران، ایران
fatemehzabihy@yahoo.com

مرتضی خاکزار بفروئی
استادیار پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاد دانشگاهی، تهران، ایران
khakzar@jdsharif.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۸
تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۴/۰۹/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۰۳

چکیده

فناوری رادیوشناسه به عنوان فناوری پیشرو می‌تواند برای کاهش اتلاف در زنجیره تأمین مواد غذایی مفید باشد. این فناوری می‌تواند اطلاعات محصولات را دریافت کرده و در کاهش هزینه‌ها، مؤثر باشد. بیشترین چالش‌ها برای مدیریت زنجیره تأمین مربوط به کالاهای فاسدشدنی و با عمرکوتاه، به‌خصوص مواد غذایی هستند. تنوع در تعداد کالاها، ردیابی و پیگیری جریان کالا در طول زنجیره تأمین، عمر کم، حجم بالای محصولات و نیاز به کنترل دما در زنجیره تأمین از جمله چالش‌های موجود می‌باشد. ریسک مواد غذایی می‌تواند در هر مرحله از زنجیره تأمین مواد غذایی ظاهر شود، در نتیجه تعریف نقاط کنترلی برای بدست آوردن اطلاعات مواد تشکیل‌دهنده، تولید و تاریخ‌های خاص (فروش، مصرف) و غیره، و مهیاکردن آن به شیوه‌ای شفاف برای ارائه به عرضه‌کنندگان زنجیره تأمین و مصرف‌کنندگان ضرورت دارد. یکی از بهترین راه‌حل‌های ممکن استفاده از سیستم رادیوشناسه بوده که به مدیریت زنجیره تأمین در حل مشکلات لجستیکی کالاهای فاسدشدنی کمک‌های فراوانی خواهد کرد. در این مقاله به بررسی مدل کسب و کار مالی پیاده‌سازی سیستم رادیوشناسه در ردیابی موادغذایی پرداخته شده است. برای روشن‌شدن موضوع یک مطالعه موردی از بکارگیری سیستم رادیوشناسه در زنجیره‌ای از فروشگاه‌های رفاهی در تایوان ارائه شده است. در این مطالعه موردی با معرفی دو طرح ارتقایی ۴ و ۶ ساله، سود و هزینه‌های مرتبط با اجرای رادیوشناسه برای تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و خرده‌فروشان زنجیره تأمین فروشگاه رفاهی تجزیه و تحلیل شده است.

واژگان کلیدی

فناوری رادیوشناسه؛ کالای فاسدشدنی؛ قیمت‌گذاری؛ نقطه سربه سر؛ طرح ارتقا.

۱- مقدمه

بنا به گزارش FMI/GMA[1] (۲۰۰۸) تخمین زده شده که افزایش محصولات غیرقابل فروش در مواد غذایی فاسدشدنی در سال ۲۰۱۰ تا حدود ۳-۵ میلیارد دلار باشد. دلیل قابل فروش نبودن این محصولات می‌تواند هر چیزی از نوع بسته‌بندی تا کنترل محصولات در زنجیره تأمین باشد، با این حال در زنجیره تأمین مواد غذایی فاسدشدنی، قابل فروش نبودن محصولات به‌طور اساسی به خرابی‌ها یا اتلاف در سطوح مختلف زنجیره و تاریخ انقضا مربوط می‌باشد. این محصولات غیرقابل فروش فوراً از کانال‌های توزیع خارج می‌شوند. همه تلاش‌ها در جهت کاهش مقدار این محصولات می‌باشد. به هر حال هنگامی که محصولات غیرقابل فروش وجود دارند، عدم اطمینان در بخش‌های مختلف وجود دارد، مثلاً، کدام‌یک از خرده‌فروش یا توزیع‌کننده مسئول بوده و باید جریمه بپردازند (براساس بررسی محصولات غیرقابل فروش جمع‌آوری شده در مراکز خرده‌فروشی)، یا چه کسی باید پرداخت‌های جبرانی را برای محصولات غیرقابل فروش پیش‌بینی‌نشده بپردازد [۱].

مسیر طولانی از محل تولید تا محل توزیع و پیچیدگی زنجیره‌های تأمین مواد غذایی فاسدشدنی همراه با توزیع گسترده محصولات، دشواری تعیین منشأ مشکلات را افزایش می‌شود. مطابق مرکز جلوگیری و کنترل بیماری‌ها[2] در آمریکا، مواد غذایی وارداتی به ایالت‌متحده، در دهه گذشته دو برابر شده است (از ۳۶ میلیارد دلار در سال ۱۹۹۷ تا بیش از ۷۰ میلیارد در سال ۲۰۰۷). برای برآوردن تقاضای محصولات خاص و خارج از فصل، ۶۰ درصد کل میوه‌های تازه و سبزیجات که در آمریکا فروخته شده است، از ۱۵۰ کشور در سراسر جهان وارد می‌شود. همچنین، بسیاری از مواد غذایی وارداتی آماده برای مصرف (مانند میوه، سبزیجات و غذاهای دریایی) احتمال ورود بیماری‌های منتقله از غذا را در زنجیره تأمین مواد

1. The Feed Marketing Institute and Grocery Manufactures Association

2. Center for Disease Control (CDC)

* نویسنده مسئول

غذایی افزایش می‌دهد. برای مثال، در سال ۱۹۸۰، کمتر از نیمی از کل غذای دریایی مصرف‌شده در آمریکا وارداتی بوده است- امروزه این رقم بالای ۷۵ درصد می‌باشد. شیوع لیستریا از طالبی‌های آلوده در کلرادو این موضوع را برجسته می‌کند، مزارع جنسن[1] که منبع شیوع این آلودگی بودند، قادر به ارائه یک لیست از فروشندگان طالبی به بخش‌های مختلف نبودند، تا محصولات توزیع شده جمع‌آوری گردد.

بنابراین ردیابی مواد غذایی موضوع مهمی می‌باشد تا با بیماری‌های ناشی از مواد غذایی مبارزه شود و مواد غذایی آلوده از زنجیره تأمین شناسایی و حذف شوند. ردیابی مواد غذایی تنها شامل برچسب محصولات برای شناسایی منبع تولید غذا نمی‌باشد (مانند شناسایی مزرعه) بلکه اطلاعات مسیر عبور محصول از مزرعه تا کانال‌های عرضه نیز باید مشخص شود.

پیشرفت‌ها در فناوری‌های حسگر، با بروز کردن اطلاعات حداقل عمر مفید باقیمانده فاسدشدنی‌ها در زنجیره تأمین مواد غذایی منجر به کاهش ضایعات می‌گردد [۲]. این تکنولوژی اقدامات ضروری و مناسب را برای کاهش تلفات فاسدشدنی‌ها انجام می‌دهد و آنها را هنگامی که تازه هستند به مشتریان نهایی تحویل می‌دهد.

به علاوه این مزایا، فناوری ردیابی و پیگیری در زنجیره تأمین مواد غذایی فاسدشدنی ضروری می‌باشد تا مطابق با استاندارد FSMA[2]، امنیت و سلامت زنجیره مواد غذایی را بهبود دهد. با تکامل فناوری رادیوشناسه[3] تولیدکنندگان محصولات مواد غذایی فواید بیشتری را در استفاده از این فناوری در صنایع خود بدست می‌آورند. با توجه به این‌که این فناوری از سوی بازار به شکل گسترده‌تری در حال پذیرفته‌شدن است قیمت‌های عرضه این فناوری کاهش خواهد یافت و به این ترتیب تولیدکنندگان آسان‌تر می‌توانند از این تجهیزات استفاده نمایند. بهره‌گیری از فناوری رادیوشناسه می‌تواند به بهبود نظارت بر موجودی کالاها و راحتی بیشتر مشتریان در استفاده از آنها بیانجامد. علاوه بر این برچسب‌های رادیوشناسه قادر به ذخیره اطلاعات ارزشمندی نظیر تاریخ انقضای محصول هستند که به فروشندگان اجازه می‌دهد خدمات بهتری به مشتریان خود ارائه کنند. از جمله دیگر مزایای اجرای برچسب‌های رادیوشناسه در سلامت مواد غذایی، نمایش زمان واقعی برای ردیابی و دنبال کردن فاسدشدنی‌ها، کاهش احتمال فاسدشدن، تعیین سرعت خرابی و جداکردن محصولات آلوده از دیگر محصولات می‌باشد. مزایای دیگری از جمله افزایش بهره‌وری کارگران از طریق اتوماسیون، دسترسی به اطلاعات محصولات با استفاده از جمع‌آوری پیوسته داده‌ها و وفاداری مشتری با بهبود کیفیت دارد.

سیستم رادیوشناسه اطلاعات مفیدی برای عرضه محصولات فاسدشدنی در اختیار تولیدکنندگان، عرضه‌کنندگان و خرده‌فروشان قرار می‌دهد. فان و همکاران [۳] با در نظر گرفتن هزینه‌های سرمایه‌گذاری ثابت، قیمت برچسب و نرخ بازیابی انقباض[4]، دو سناریو برای موارد استفاده از رادیوشناسه و بدون رادیوشناسه ارائه دادند، و مشخص شد زمانی‌که هزینه‌های ثابت و هزینه متغیر برچسب رادیوشناسه بین خرده‌فروش و تولیدکننده به اشتراک گذاشته شود، خرده‌فروش نسبت به اشتراک‌گذاری هزینه سرمایه‌گذاری ثابت رادیوشناسه و قیمت برچسب حساس‌تر از تولیدکننده است. همچنین تانر [۴] یک بررسی اولیه و اجمالی از سیستم‌های رادیوشناسه از جمله اجزا، برچسب‌ها و حسگرها، فرکانس‌ها، کاربرد این سیستم در بخش محصولات کشاورزی، استانداردها، و امنیت / حفظ حریم خصوصی ارائه داده است. در این مقاله کاربرد فناوری رادیوشناسه در صنعت بیان شده و روش ارزیابی اقتصادی فناوری رادیوشناسه با استفاده از یک مطالعه موردی در تایوان بیان می‌شود. دولت تایوان یک سازمان تحقیقاتی غیرانتفاعی تأسیس کرده تا یک پروژه آزمایشی برای راه‌اندازی یک سیستم ردیابی مواد غذایی در سطح ملی برای افزایش ارزش نامشهود مواد غذایی خریداری شده و به‌منظور افزایش ایمنی مواد غذایی انجام دهد. در این مقاله مدل کسب و کار اجرای طرح آزمایشی فناوری رادیوشناسه در فروشگاه‌های رفاهی بررسی می‌شود. به این منظور دو طرح ۴ و ۶ ساله پیشنهاد می‌شود، که با استفاده از راهبرد قیمت‌گذاری نقطه سربه‌سر هزینه‌ها و زمان سوددهی این طرح‌ها تعیین می‌شود.

۲- اطلاعات تولیدشده توسط رادیوشناسه برای محصولات فاسدشدنی

در زنجیره تأمین مواد غذایی فاسدشدنی، محصولات در کانتینرهای برودتی حمل و نقل می‌شوند. دمای داخل این کانتینرها براساس فاصله از واحد سرمایشی، فاصله از بالا و جداره‌های کانتینر، چگالی و رسانایی مواد اطراف متفاوت می‌باشد.

مطالعات روی کانتینرهای برودتی مثلاً، اوکانور[5] [۵] نشان می‌دهد که در مکان‌های مختلف داخل کانتینر، دمای پالت تا بیشتر از ۳۵٪ متفاوت است. عمر مفید باقیمانده محصولات حساس به دما و فاسدشدنی‌های دیگر در کانتینر یکسان، براساس بازه حرارتی متفاوت است. دانستن دمای پالت‌ها به خرده‌فروش کمک می‌کند تا محصولات با عمر کوتاه‌تر را زودتر خارج کنند. یا حتی محصولاتی که زودتر منقضی می‌شوند سریع‌تر جدا شوند [۶]. به این دو سیاست به ترتیب SSFO[6] و FEFO[7] می‌گویند. این اطلاعات مقدار دقیق محصولات برگشتی در کانتینر را مشخص می‌کند. از آنجایی که نرخ رشد عوامل بیماری‌زا معمولاً در دماهای بالاتر بیشتر و بیشتر می‌شود، سیاست FEFO می‌تواند ریسک مشتریان برای مصرف محصولات آلوده را کاهش دهد [۷]. همچنین اطلاعات حسگر می‌تواند

1. Jensen
2. Food Safety Modernization Act
3. Radio Frequency Identification (RFID)
4. Shrinkage Recovery Rate
5. O'Connor
6. Shortest-Remaining Shelf-Life, First Out
7. First Expire, First Out

جمع‌آوری‌شده و در برچسب‌ها ذخیره شود، در نتیجه استفاده از برچسب‌های رادیوشناسه می‌تواند اجرای SSFO را تسهیل کند.

معمولاً دمای کامیون‌های یخچال‌دار با یک مقدار مشخص اندازه‌گیری می‌شود درحالیکه محصولات پالت‌های مختلف منتقل شده در کامیون‌های برودتی طول عمر متفاوتی براساس فاکتورهای مختلف، مانند مکان پالت در کامیون (دور یا نزدیک به بخش سرمایشی)، خصوصیات شیمیایی و دمایی و چگالی مواد مجاور (میوه‌های رسیده) دارند. با استفاده از برچسب‌های رادیوشناسه می‌توان دماهای قسمت‌های مختلف کامیون را مشخص کرد. برای مثال توزیع‌کننده می‌تواند با استفاده از برچسب‌های رادیوشناسه با حسگر در سطح پالت، پالت‌ها با طول عمر بیشتر را به‌دست خرده‌فروش با فاصله بیشتر و پالت‌ها با طول عمر کمتر را به خرده‌فروش با فاصله نزدیک‌تر یا مصرف‌کنندگان فوری برساند. بازرسی کامیون در حالتی که رادیوشناسه نصب نشده باشد، برای تصمیم‌گیرندگان ضعیف پیامدهای گرانی دارد. در مواردی که محصولات داخل کامیون بازرسی می‌شود، ممکن است پالتی برای نمونه و بررسی کیفیت انتخاب شود که کل بار کامیون رد یا قبول شود درحالیکه فقط قسمتی از بار فاسد است. رد کل بار کامیون منجر به ضایعات غیرضروری می‌شود. همچنین قبول کل بار کامیون براساس نمونه پالت خوب منجر به تحویل پالت با کیفیت ضعیف به مشتریان می‌گردد. در نتیجه، مشتریان محصولات بی‌کیفیت، ممکن است از خرید این برند ناراضی شوند، و منجر به افت ارزش برند گردد. همچنین با ردیابی کل کالای حمل شده توسط دریافت‌کننده زمان بازپرسازی کاهش‌یافته و با نگه‌داشتن سطح موجودی مانع از دست دادن فرصت فروش می‌گردد.

۲-۱- اجزای سیستم مبتنی بر رادیوشناسه

با توجه به اینکه برای بررسی اقتصادی طرح پیاده‌سازی سیستم رادیوشناسه باید اجزای سیستم‌های مبتنی بر رادیوشناسه مشخص شود. این سیستم شامل سخت‌افزار و نرم‌افزار می‌باشد. سخت‌افزار شامل شناسه یا برچسب[1] (یک حافظه بسیار کوچک و آنتن مربوطه، که به فرم‌های مختلفی چون برچسب، جاکلیدی، کارت و غیره به بازار عرضه می‌شود. برچسب‌ها قادرند اطلاعات را بر روی حافظه خود ذخیره نمایند تا در موارد لزوم از آنها جهت شناسائی استفاده شود.) و داده‌خوان[2] (این سخت‌افزار قادر است که اطلاعات را بر روی برچسب‌ها را نوشته یا از روی آنها بخواند) می‌باشد. نرم‌افزار سیستم رادیوشناسه نیز علاوه بر اینکه پردازش، ذخیره و بازیابی اطلاعات در پایگاه اطلاعاتی را مدیریت می‌نماید، وظیفه کنترل و صدور فرمان جهت تبادل اطلاعات از داده‌خوان به برچسب یا بالعکس را نیز برعهده دارد. بنابراین بخش نرم‌افزار در یک سیستم مبتنی بر رادیوشناسه نقش اساسی داشته و بدون وجود نرم‌افزار، سخت‌افزارهای سیستم رادیوشناسه بدون استفاده خواهند بود.

در ادامه یک مدل کسب و کار برای اجرای سیستم رادیوشناسه ارائه می‌شود که در آن مشخص می‌شود برای اجرای این سیستم چه هزینه‌هایی لازم است و نهایتاً طرح پیشنهادی برای ارزیابی اقتصادی ارائه می‌گردد. برای روشن‌شدن چگونگی عملکرد طرح پیشنهادی یک مطالعه موردی که در کشور تایوان انجام شده است، بررسی می‌گردد [۸].

۲-۲- مدل کسب و کار مالی برای پیاده‌سازی سیستم رادیوشناسه

گام‌های محاسبه سود یک طرح T ساله برای نصب فناوری جدید:

الف) تعیین تعداد تجهیزات (استفاده‌کنندگان از تجهیزات) در هر سال از دوره بررسی T با استفاده از توزیع آماری

در گام نخست باید تعداد واحدهایی که فناوری جدید را در طول دوره T نصب می‌کنند مشخص شود. معمولاً تعداد توزیع‌کنندگان و یا تولیدکنندگانی که فناوری را نصب می‌کنند در ابتدا مشخص است. ولی برای تعیین تعداد خرده‌فروشان، با توجه به اینکه نصب سخت‌افزاری فناوری زمان‌بر می‌باشد، باید رشد تعداد تجهیزات را در دوره ارزیابی (T) تعیین نمود. برای بدست آوردن رشد تعداد خرده‌فروشان در سال‌های مختلف دوره T، معمولاً از یک تابع توزیع استفاده می‌شود.

ب) تعیین راهبرد قیمت‌گذاری تجهیزات و خدمات در هر دوره

در گام دوم با استفاده از یک فناوری قیمت‌گذاری مشخص می‌شود که برای سوددهی چه میزان باید از فناوری به فروش برسد. در واقع یک متولی برای پیاده‌سازی فناوری جدید در نظر گرفته می‌شود که باید سود و زیان اجرای این طرح برای این شرکت مشخص شود. زمان سوددهی نیز با استفاده از یک راهبرد قیمت‌گذاری برای مثال نقطه سربه‌سر تعیین می‌شود. در این نقطه مشخص می‌شود که چه میزان باید به فروش برسد تا بتوان به سوددهی رسید.

ج) برآورد هزینه کسب و کار با برآورد میزان تقاضا برای تجهیزات و خدمات

برای ایجاد یک شرکت، هزینه راه‌اندازی در آغاز وجود دارد و هزینه‌های عملیاتی در طول حیات شرکت می‌باشد. در گام سوم باید هزینه‌های راه‌اندازی و هزینه‌های عملیاتی برای شرکت متولی مشخص شود. هزینه راه‌اندازی در دوره اولیه رخ می‌دهد، و هزینه‌های عملیات در دوره‌های مختلف در نظر گرفته شده است. هزینه‌های راه‌اندازی شامل هزینه‌های دارایی‌های ثابت، از جمله تجهیزات اداری و نصب و راه‌اندازی سخت‌افزار، و هزینه‌های عملیات شامل اجاره، حقوق و دستمزد، بیمه و آب و برق می‌باشد. (خرید سخت‌افزار بر عهده سازمان بهره‌بردار می‌باشد.) تعداد تمامی واحدها، تعداد و انواع سخت‌افزارهای مورد نیاز نصب فناوری مشخص می‌شود (جدول ۱ و جدول ۲). این اطلاعات از مصاحبه با خبرگان این فناوری بدست می‌آید. مقدار فروش محصولات فروشگاه‌ها در مکان‌های مختلف و در زمان‌های متفاوت بدست می‌آید. در این مورد چون

1. Transporter-tag
2. Reader

محصولات فاسدشدنی مدنظر می‌باشد بنابراین سعی می‌شود محصولاتی انتخاب شود که در این دسته قرار بگیرند (جدول ۶).

سپس تعداد برچسب‌های مصرفی در محصولات فروش‌رفته در گام بعدی محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه میزان فروش محصولات مشخص شده است و تعداد روزهای کاری و تعداد خرده‌فروشان مشخص است می‌توانیم کل برچسب‌های رادیوشناسه مصرف‌شده در محصولات را مشخص کنیم.

د) محاسبه قیمت تجهیزات و خدمات با توجه به بندهای ۲ و ۳ در افق برنامه‌ریزی

بعد از بدست آوردن هزینه‌های راه‌اندازی و عملیاتی باید سرانه هزینه راه‌اندازی (P-initial) به ازای تعداد واحدهایی که فناوری را نصب کرده‌اند (کاربران)، مشخص شود. سپس سرانه هزینه خدمات (P-service) با در نظر گرفتن درصد سود به ازای هزینه‌های عملیاتی به ازای تعداد تجمعی کاربران در دوره‌های خدمات محاسبه می‌شود.

هـ) محاسبه سود و مقایسه افق‌های برنامه‌ریزی ۴ ساله و ۶ ساله

در این مرحله سود شرکت متولی پیاده‌سازی فناوری محاسبه می‌شود، برای محاسبه سود باید هزینه‌ها از درآمد کسر شود. برای این شرکت، درآمدها همان هزینه‌های P-initial و P-service است که از کاربران به ازای نصب فناوری دریافت می‌کند. برای روشن کردن موضوع دو طرح ۴ ساله و ۶ ساله در نظر گرفته شده است تا روش پیاده‌سازی طرح نصب فناوری رادیوشناسه در زنجیره تأمین مشخص شود. با توجه به اینکه T دوره طرح می‌باشد، برای دو حالت T=۴ و T=۶ گام‌های فوق انجام می‌شود.

۲-۳- روش پیاده‌سازی سیستم رادیوشناسه در زنجیره تأمین مواد غذایی

ابتدا مدل کسب و کار برای ارزیابی اقتصادی طرح پیشنهادی اجرای سیستم رادیوشناسه بیان می‌شود. در این طرح با استفاده از روش قیمت‌گذاری نقطه سربه‌سر هزینه‌های پیاده‌سازی و زمان سوددهی طرح مشخص می‌گردد.

برای بدست آوردن رشد تعداد خرده‌فروشان در دوره‌های مختلف معمولاً از یک تابع توزیع استفاده می‌شود. در مطالعه موردی انجام شده در کشور تایوان از تابع توزیع لجستیک استفاده شده است. تابع توزیع تجمعی (cdf) توزیع لجستیک با متغیر x به‌صورت زیر نشان داده می‌شود [۹].

$$F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}},\ x \in R \qquad (۱)$$

تابع چگالی احتمال (pdf) توزیع لجستیک به صورت زیر داده شده است.

$$f(x) = \frac{e^{-x}}{(1+e^{-x})^2},\ x \in R \qquad (۲)$$

واریانس توزیع $Var(x) = \frac{\pi^2}{3}$ می‌باشد.

فرض کنید M و N، نشان‌دهنده تعداد کل تولیدکنندگان مواد غذایی و توزیع‌کنندگان باشد. L تعداد کل خرده‌فروشانی باشد که در یک دوره زمانی T با سیستم رادیوشناسه تجهیز شوند. با توجه به اینکه تجهیزات این سیستم همانطور که در بند ۳ توضیح داده شده است تنها نرم‌افزاری نبوده و نیاز به نصب تجهیزات سخت‌افزاری نیز می‌باشد، زمان و هزینه نصب این تجهیزات برای خرده‌فروشان مختلف، متفاوت است. بازه زمانی T ممکن است متفاوت باشد. در طرح‌های ارتقای پیشنهادی بازه زمانی ۴ و ۶ ساله در نظر گرفته شده است. رشد تعداد خرده‌فروشانی که در دوره زمانی T با سیستم رادیوشناسه تجهیز می‌شوند با استفاده از توزیع تجمعی لجستیک بدست می‌آید. فرض می‌شود که در انتهای دوره T، نصب تجهیزات توسط تمامی خرده‌فروشان L انجام شود. برای تعیین میزان هزینه‌ها در انتهای هر دوره در بازه T باید نسبت تعداد خرده‌فروشان تجهیزشده که با استفاده از توزیع تجمعی لجستیک بدست آمده است در تعداد کل ضرب شود تا تعداد کل نصب شده‌ها بدست آید. در واقع فاصله $(-1.5\sigma,\ +1.5\sigma)$ از تابع تجمعی لجستیک به T قسمت مساوی تقسیم می‌شود و احتمالات هر قسمت براساس توزیع لجستیک بدست می‌آید. با توجه به اینکه دامنه توزیع لجستیک، R می‌باشد، درصد تعداد خرده‌فروشانی که تا انتهای دوره اول مجهز شده‌اند برابر با احتمال تحت توزیع لجستیک تا نقطه $(-1.5\sigma+1/T\sigma)$ می‌باشد.

فرض کنید lt تعداد خرده‌فروشانی است که از فناوری رادیوشناسه در دوره t استفاده کرده‌اند. به‌منظور برآورد lt، از توزیع لجستیک استاندارد با سه انحراف استاندارد استفاده می‌شود. R(t;T) نسبت خرده‌فروشانی است که از فناوری رادیوشناسه استفاده کرده‌اند.

$$R(t;T) = F\left(-1.5\sigma + \frac{t}{T}3\sigma\right), t = 1, \dots, T \qquad (۳)$$

تعداد خرده‌فروشان در نسبت R(t;T) از دوره 1 تا دوره T-1 افزایش می‌یابد و سپس در دوره T به L می‌رسد. تعداد تجمعی خرده‌فروشان در دوره t به صورت زیر است.

$$l_t = \begin{cases} L.\,R(t;T), t = 1, \dots, T-1 \\ L, t \geq T. \end{cases} \qquad (۴)$$

۳- راهبرد قیمت‌گذاری و سودهای مورد انتظار[1]

یکی از روش‌های قیمت‌گذاری نقطه سربه سر[2] می‌باشد. تحلیل سربه‌سر برای تعیین حجم فروش در قیمتی که هزینه‌ها پوشش داده می‌شود استفاده می‌گردد. در این نقطه کل هزینه‌های ثابت و متغیر با کل درآمدها برابر است. در این بخش، هزینه‌ها و سودهای ASP[3] (دولت تایوان یک سازمان تحقیقاتی غیرانتفاعی برای توسعه پروژه آزمایشی منصوب کرده تا امنیت مواد غذایی بهبود یابد) تحلیل می‌شود. از آنجایی‌که هزینه اجرای سخت‌افزار رادیوشناسه مربوط به کاربرانی است که سیستم ردیابی را نصب می‌کنند، با این حال در این تحلیل مالی این

1. Prospective
2. Breakeven
3. Application Service Provider

هزینه بر عهده ASP می‌باشد. در فرمول زیر نقطه سربه‌سر مینیمم فروش می‌باشد تا یک شرکت به سود دهی برسد.

(۵) نقطه سربه سر= کل هزینه‌های ثابت/ (هزینه‌های متغیر واحد- قیمت)

با در نظر گرفتن سود مورد انتظار[1] در نقطه سربه‌سر تخمین زده شده، داریم:

(۶) حجم فروش برای رسیدن به سود مورد انتظار = هزینه‌های ثابت + (سود مورد انتظار) / (هزینه‌های متغیر واحد- قیمت)

برای محاسبه قیمت، به‌صورت زیر عمل می‌شود:

برای ایجاد یک شرکت، هزینه راه‌اندازی در آغاز وجود دارد و هزینه‌های عملیاتی در طول دوره عمر شرکت می‌باشد. در نتیجه، فرض می‌شود ASP متحمل هزینه‌های منظم راه‌اندازی و عملیاتی برای ارتقای فناوری رادیوشناسه می‌شود. هزینه راه‌اندازی در دوره اولیه رخ می‌دهد، و هزینه‌های عملیات در دوره‌های مختلف در نظر گرفته شده است. هزینه‌های راه‌اندازی شامل هزینه‌های دارایی‌های ثابت، از جمله تجهیزات اداری و نصب و راه‌اندازی سخت‌افزار، و هزینه‌های عملیات شامل اجاره، حقوق و دستمزد، بیمه و آب و برق می‌باشد. فرض می‌شود TCT کل هزینه در دوره t، TSC کل هزینه‌های راه‌اندازی و TOCt کل هزینه‌های عملیاتی در طول دوره t می‌باشد. بنابراین، کل هزینه در دوره اول مجموع هزینه‌های راه‌اندازی و عملیاتی می‌باشد ولی در دوره‌های دیگر تنها هزینه‌های عملیاتی داریم.

$$TC_t = \begin{cases} TSC + TOC_t, & t = 1 \\ TOC_t, & t > 1 \end{cases} \quad (۷)$$

در بررسی انجام شده، ASP هزینه اولیه یا P-initial را دریافت می‌کند که برای نصب سخت‌افزار مربوط به رادیوشناسه می‌باشد و در محاسبه نقطه سربه‌سر به عنوان هزینه‌های راه‌اندازی ASP در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، P-initial از تقسیم هزینه‌های راه‌اندازی بر تعداد کل کاربران بدست می‌آید.

$$P_{initial} = \frac{TSC}{N+M+L} \quad (۸)$$

همچنین ممکن است ASP هزینه خدمات نیز دریافت کند که با P-service نشان داده می‌شود و بعد از دوره نصب اولیه است. برای سوددهی، نسبتی از هزینه‌های عملیاتی به عنوان سود مورد انتظار (X%) در نظر گرفته می‌شود و سپس جمع کل هزینه‌های عملیات به اضافه سود در نظر گرفته شده بر تعداد تجمعی کاربران تقسیم می‌شود. هزینه خدمات به‌صورت زیر است:

$$P_{service} = \frac{\sum_{t=1}^{T} TSC_t.(1+x\%)}{\sum_{t=1}^{T}(N+M+L_t)} \quad (۹)$$

سود به صورت ذیل بدست می‌آید.

(۱۰) سود = P-initial* کل کابران - TC +کاربران جدید *P-service

تولیدکننده‌ها و توزیع‌کننده‌های غذایی در دوره اول فناوری رادیوشناسه را نصب می‌کنند، درحالیکه نصب این سیستم توسط خرده‌فروشان از lt تا lT در دوره‌های T می‌باشد. توجه شود که در هر دوره ASP تنها یک هزینه اولیه برای کاربران جدید محاسبه می‌کند. هزینه خدمات نیز در هر دوره براساس تعداد کل کاربران محاسبه می‌گردد. سود ASP در هر دوره به صورت زیر است:

$$\text{سود} = \begin{cases} P_{initial}.(N+M+I_t) - TC_t & t = 1. \\ P_{initial}.(I_t - I_{t-1}) + P_{service}.(N+M+I_{t-1}) - TC_t, & t = 2, \dots, T. \\ P_{service}.(N+M+L) - TC_t, & t > T. \end{cases} \quad (۱۱)$$

۴- مطالعه موردی

برای روشن شدن عملکرد طرح پیشنهادی در پیاده‌سازی سیستم رادیوشناسه به بررسی مطالعه موردی پرداخته می‌شود تا چگونگی ارزیابی اقتصادی طرح پیشنهادی مشخص شود.

۴-۱- توضیح و جمع‌آوری داده

مشتریان انتظار دارند محصولات تازه و بدون ریسک را در فروشگاه‌های رفاهی پیدا کنند. برای مطالعه موردی، زنجیره‌ای از فروشگاه‌های رفاهی کشور تایوان انتخاب شده است که شامل مجموعه تأمین‌کننده‌ها، توزیع‌کننده‌ها و خرده‌فروشان می‌باشد و تجربه خوبی در سیستم‌های تجارت الکترونیکی دارند. در تایوان وزارت بازرگانی[2] و وزارت امور اقتصادی[3] (MOEA)، نقش حامی دولتی را برای این پروژه آزمایشی بازی می‌کنند و انستیتو تحقیقات صنعتی[4] (ITRI) نقش یک سازمان تحقیقاتی غیرانتفاعی را داراست. این مطالعه موردی براساس داده‌های زنجیره عرضه مواد غذایی در فروشگاه‌های رفاهی است. توجه داشته باشید که داده‌ها فقط برای این مطالعه پژوهشی می‌باشد و به‌طور واضح برای بخش‌های صنعت، مناطق جغرافیایی و یا دوره زمانی دیگر متفاوت است، داده‌های خاص مورد مطالعه تنها برای نشان دادن اهداف و چارچوب کلی در این بخش ارائه شده است.

ابتدا باید اندازه بازار و تقاضای سخت‌افزار رادیوشناسه برای زنجیره مورد نظر از فروشگاه‌ها پیش‌بینی شود. باید توجه داشت که انواع متفاوتی از خوانندگان[5] رادیوشناسه وجود دارد، از جمله خوانندگان ثابت، خوانندگان دستی، کیوسک‌ها[6] و سیستم‌های RFID-POS[7]. فرض می‌شود شرکت‌های A، B، C و D نشان‌دهنده چهار زنجیره اصلی تایوان

1. Desired Profit

2. Taiwan's Department of Commerce
3. Ministry of Economic Affairs
4. Industrial Technology Research Institute
5. Reader
6. Kiosk
7. Point of Sale

از فروشگاه رفاهی می‌باشد. بخش بالای جدول ۱ انواع اطلاعات جمع‌آوری شده از فروشگاه‌ها و توزیع‌کننده‌ها را نشان می‌دهد، این اطلاعات براساس برآورد کل خوانندگان، RFID-POS و کیوسک‌های مورد نیاز توسط اعضا در زنجیره می‌باشد. به‌طور مشابه، قسمت پایین جدول ۱ اطلاعات مرتبط با تولیدکنندگان مواد غذایی بزرگ و توزیع‌کنندگان آنها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- تعداد خرده‌فروشان، کارخانه‌ها و توزیع‌کنندگان در هر زنجیره فروشگاه رفاهی و تولیدکنندگان غذا

زنجیره‌های فروشگاه رفاهی	تعداد خرده‌فروشان	تعداد توزیع‌کنندگان
A	۴۸۰۰	۹
B	۲۳۰۰	۴
C	۱۲۵۰	۵
D	۸۵۰	۲
جمع کل	۹۲۰۰	۲۰
تولیدکنندگان غذا	تعداد کارخانه‌ها	تعداد توزیع‌کنندگان
a	۶	۶
b	۴	۴
c	۲	۴
d	۲	۳
e	۲	۳
f	۲	۳
g	۴	۰
h	۳	۰
i	۲	۰
j	۳	۲
جمع کل	۳۰	۲۵

جدول ۲- تقاضای تخمین زده شده برای زنجیره‌های فروشگاه‌های رفاهی (هزینه‌ها به هزار)

	خواننده ثابت	خواننده دستی	سیستم RFID-POS	کیوسک
هزینه واحد(NTD)	۱۰۰	۷۰	۸۰۰	۱۳۰
تولیدکنندگان غذا	۶۰	۳۰	N/A	N/A
توزیع‌کنندگان	۹۰	۴۵	N/A	N/A
خرده‌فروشان	N/A	۹۲۰۰	۱۸۴۰۰	۹۲۰۰
جمع کل	۱۵۰	۹۲۷۵	۱۸۴۰۰	۹۲۰۰

تعداد سخت‌افزارهای مورد نیاز برای سیستم رادیوشناسه از مصاحبه با کارشناسان صنعت که برای ITRI کار می‌کردند، بدست آمد. همه آنها در تحقیق و توسعه فناوری رادیوشناسه در زنجیره عرضه مواد غذایی درگیر بوده و در اجرای این فناوری در یک زنجیره تأمین مواد غذایی و یا بخش‌های دیگر تجربه فراوان داشتند. از مصاحبه با متخصصان صنعت مشخص شد، هر خرده‌فروشی حداقل با یک خواننده دستی برای ثبت موجودی و دو سیستم رادیوشناسه -POS در دو شمارنده بازرسی[1] مجهز است و شامل یک کیوسک برای فروشگاهی می‌باشد که مشتریان کالا را از آنجا تأمین می‌کنند.

هر تولیدکننده مواد غذایی حداقل یک خواننده دستی و دو خواننده ثابت برای ثبت فرآیندهای تولید و حمل و نقل دارد و هر توزیع‌کننده نیز مانند تولیدکننده دارای یک خواننده دستی و دو خواننده ثابت می‌باشد. کل مقادیر تخمین زده شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

همچنین برای برآورد مصرف برچسب‌های رادیوشناسه از پنج مکان مختلف خرده‌فروشی نمونه‌گیری شده است. اطلاعات خرید مصرف‌کنندگان در صبح (۱۱:۳۰-۱۰:۳۰) و عصر (۸-۷) ثبت شده است. اطلاعات تعداد خرید برای چهار دسته از محصولات معمولی موجود در فروشگاه رفاهی ثبت شده است: نوشیدنی، فوری، بسته‌بندی و یخ‌زده. جدول ۶ نتایج را به‌طور خلاصه نشان می‌دهد. با توجه به تعداد برچسب‌های مصرفی در این نمونه‌گیری برای تخمین کل برچسب‌های مصرفی در سال استفاده می‌شود.

اعداد خط خورده در جدول ۶ برای ۱۳۲، ۱۰۴، ۷۶ و ۴۲ نشان‌دهنده آمار پرت هستند (به ترتیب، بالاترین و کمترین تعداد دوره‌های زمانی صبح و عصر) که از تجزیه و تحلیل حذف شده است. برای تخمین مصرف روزانه برچسب‌ها در هر خرده‌فروشی به‌صورت زیر عمل می‌شود:

$$(64+112+71+47+100+84)/6*24(h)=1912(tags/day) \quad (12)$$

بنابراین تعداد کل مصرف سالیانه برچسب‌ها به‌طور تقریبی به‌صورت زیر است:

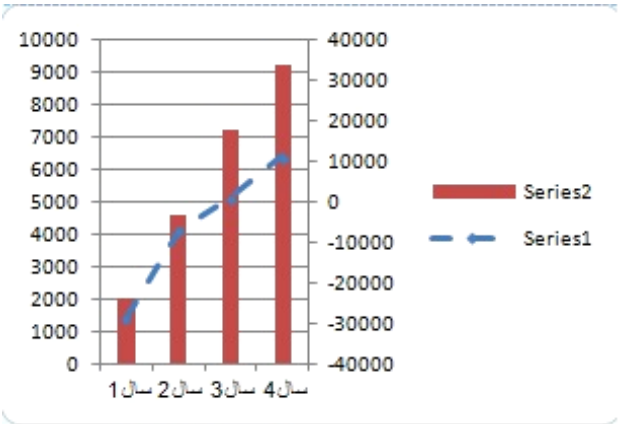
$$1912(tags/day)*365(days)*9200(retailers)=6420,496,000(tags) \quad (13)$$

۴-۲- سناریوی ارتقا[2]

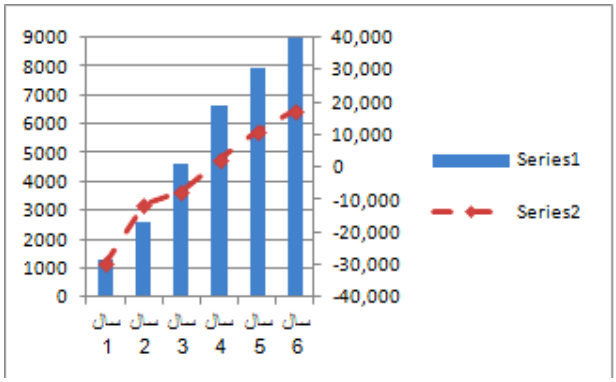
دراین بخش در رابطه با طرح‌های ارتقای ۴ و ۶ ساله برای پروژه آزمایشی بحث می‌شود. برای ثبت اطلاعات تکمیلی در طول زنجیره تأمین مواد غذایی، تولیدکننده‌ها و توزیع‌کننده‌ها ممکن است نیاز به نصب فناوری رادیوشناسه در شروع طرح‌های ارتقای ۴ و ۶ ساله داشته باشند. فرض می‌شود که تولیدکننده‌ها و توزیع‌کننده‌های مواد غذایی سخت‌افزار رادیوشناسه را در سال اول نصب می‌کنند و خرده‌فروشان می‌توانند در طول سال‌های ۱ تا ۶ در این طرح شرکت می‌کنند. نرخ رشد تعداد خرده‌فروشان شرکت‌کننده از توزیع لجستیک استاندارد پیروی می‌کند که در بخش ۵ نشان داده شده است. شکل ۱ و شکل ۲ طرح‌های ارتقای ۴ و ۶ ساله را نشان می‌دهد. با توجه به افزایش تعداد خرده‌فروشانی که از این فناوری استفاده می‌کنند، سود ASP نیز افزایش پیدا می‌کند.

1. Checkout Counters

2. Promotion Scenarios



شکل ۱- طرح ارتقای چهار- ساله



شکل ۲- طرح ارتقای شش- ساله

۴-۳- تحلیل سود و هزینه

برآورد هزینه سالیانه شامل هزینه‌های عملیاتی و راه‌اندازی می‌شود. بخش اصلی هزینه عملیاتی دستمزدها است. برنامه‌ریزی نیروی انسانی و کل پرداختی در جدول ۳ تخمین زده شده است (دلار تایوان). بر طبق نظرات متخصصان صنعتی، ۲۰ نفر نیروی کار برای سال اول، ۲۸ نفر برای سال دوم و ۳۵ نفر برای سال ۳-۶ نیاز است. با توجه به مصاحبه انجام شده با متخصصان صنعت، فرض می‌شود یک کارخانه با ۳۵ نفر نیروی کار برای ارتقا و عملیات در ASP استخدام شده‌اند.

جدول ۶ هزینه‌های راه‌اندازی را نشان می‌دهد (15,452,500). روش قیمت‌گذاری بخش ۵-۱ برای تعیین هزینه اولیه و هزینه خدمات استفاده شده است. در (۸) مقدار هزینه‌های کل راه‌اندازی TSC، 15,452,500 می‌باشد، تعداد تولیدکننده‌های مواد غذایی (M) ۳۰ می‌باشد، تعداد توزیع‌کننده‌ها (N) ۴۵ نفر و تعداد خرده‌فروشان (L) ۹۲۰۰ می‌باشد (جدول ۱). هزینه اولیه به صورت زیر است:

$$P_{initial} = \frac{15,452,500}{30+45+9200} = 1666 \qquad (14)$$

ASP هزینه خدمات سالیانه را بعد از نصب حساب می‌کند. راهبرد قیمت‌گذاری برای هزینه خدمات برای هر دو طرح ارتقا به‌صورت زیر می‌باشد.

الف) هزینه خدمات ASP برای طرح ارتقای ۴ ساله:

هزینه تخمین زده شده برای ASP در جدول ۴ آورده شده است. توجه شود که اصلی هزینه در سال اول هزینه انتقال فناوری است. کل هزینه ASP شامل هزینه‌های راه‌اندازی و عملیات در سال اول و تنها هزینه‌های عملیاتی بعد از آن می‌باشد.

بر طبق (۷) هزینه تخمین زده شده در جدول ۴ به صورت زیر است.

$$TC_1 = 15,452,500 + 16,712,500 = 32,165,000$$
$$TC_2 = 20,695,000$$
$$TC_3 = 24,137,000 \qquad (15)$$
$$TC_4 = 24,137,000$$

توجه شود که هزینه کل بعد از ۳ سال 24,137,500 می‌باشد. فرض کنید که ASP انتظار دارد ۲۰٪ سود داشته باشد. مجموع تعداد کاربران ۲۰۷۵، ۴۶۷۵، ۷۲۷۵ و ۹۲۷۵، داده شده است قیمت خدمات به صورت زیر است همانطور که در (۹) نشان داده شده است.

$$P_{service} = \frac{(16,712,500+20,695,000+24,137,000*2).(1+20\%)}{2075+4675+7275+9275} = 4413. \qquad (16)$$

همانطور که بیان شد، افرادی که رادیوشناسه را اجرا می‌کنند هزینه اولیه P-initial=1666 در سال اول و هزینه خدمات سالیانه P-service=4413 را بعد از آن پرداخت می‌کنند.

ب) هزینه خدمات ASP برای طرح ارتقای ۶ ساله:

از آنجایی که طرح ارتقای ۶ ساله تعداد یکسانی کاربر دارد، برنامه‌ریزی انسانی یکسانی مانند قبل دارد. هزینه کل در سال ۵ و ۶ مانند هزینه سال چهارم در طرح ۴ ساله است. دوباره فرض کنید، ASP انتظار دارد سود ۲۰٪ بدست آورد. تعداد تجمعی کاربرها ۱۳۷۵، ۲۶۷۵، ۴۶۷۵، ۶۶۷۵، ۷۹۷۵ و ۹۲۷۵، داده شده است قیمت خدمات به صورت زیر است

$$P_{service} = \frac{(16,712,500+20,695,000+24,137,000*4).(1+20\%)}{1375+2675+4675+6675+7975+9275} = 4923. \qquad (17)$$

بنابراین P-initial =1666 برای سال اول و P-service =4923 برای سال دوم و بعد از آن می‌باشد. توجه شود که P-initial و P-service که در این مقاله نشان داده شده به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد شده است بنابراین سودها ممکن است با موارد محاسبه شده در مقاله متفاوت باشد.

ج) تحلیل سود

در ادامه، سود هر دو طرح ارتقا تخمین زده می‌شود. سود سال اول به صورت زیر است:

سود سال اول =1666*2075-32,165,000=-28,707,972. (18)

ASP، هزینه شروع و خدمات را برای کاربرهای جدید که سیستم ردیابی غذا را نصب کرده‌اند Pinitial=1666 و Pservice=4413 محاسبه کرده است. بنابراین محاسبه سود ASP در طرح ارتقا ۴ و ۶ ساله در جداول زیر محاسبه شده است.

جدول ۳- برنامه‌ریزی نیروی انسانی پروژه آزمایشی

	سال اول	سال دوم	سال سوم	حقوق (سال/نفر)
رئیس	۱	۱	۱	۱۱۴۷۵۰۰
معاون رئیس	۰	۱	۱	۶۷۵۰۰۰
مدیر	۱	۱	۲	۸۱۰۰۰۰
مهندس IT	۶	۹	۱۰	۶۰۷۵۰۰
حسابدار	۲	۲	۴	۴۷۲۵۰۰
فروشنده	۶	۸	۱۰	۳۳۷۵۰۰
تکنیسین	۴	۶	۷	۴۰۵۰۰۰
جمع افراد	۲۰	۲۸	۳۵	
جمع کل حقوق	۱۰۱۹۲۵۰۰	۱۴۱۷۵۰۰۰	۱۷۶۱۷۵۰۰	

جدول ۴- هزینه تخمین زده شده (هزار)

	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم
هزینه‌های راه‌اندازی				
هزینه‌های انتقال انرژی	۱۰۰۰۰	-	-	-
سپرده برای اجاره دفتر	۵۴۶	-	-	-
دکوراسیون داخلی	۱۸۰۰	-	-	-
وسایل اداره و کامپیوتر	۳۰۵۴.۵	-	-	-
تجهیزات اداره	۵۲	-	-	-
جمع کل	۱۵۴۵۲.۵			
هزینه‌های عملیاتی				
حقوق	۱۰۱۹۲.۵	۱۴۱۷۵	۱۷۶۱۷.۵	۱۷۶۱۷.۵
بیمه	۲۴۰۰	۲۴۰۰	۲۴۰۰	۲۴۰۰
اجاره اداره	۳۴۸۰	۳۴۸۰	۳۴۸۰	۳۴۸۰
نرم افزار	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰
متفرقه	۳۴۰	۳۴۰	۳۴۰	۳۴۰
جمع	۱۶۷۱۲.۵	۲۰۶۹۵	۲۴۱۳۷.۵	۲۴۱۳۷.۵
جمع هزینه‌ها	۳۲۱۶۵	۲۰۶۹۵	۲۴۱۳۷.۵	۲۴۱۳۷.۵

جدول ۵- سود طرح‌های ارتقای ۴ و ۶ ساله

	طرح چهار ساله		طرح شش ساله	
هزینه اولیه	۱۶۶۶		۱۶۶۶	
هزینه خدمات	۴۴۱۳		۴۹۲۳	
	کل اعضا	سود	کل اعضا	سود
سال ۱	۲۰۷۵	-۲۸۷۰۷۹۷۲	۱۳۷۵	-۲۹۸۷۴۱۹۸
سال ۲	۴۶۷۵	-۷۲۰۶۶۷۴	۲۶۷۵	-۱۱۷۵۹۴۷۶
سال ۳	۷۲۷۵	۸۲۴۱۹۱	۴۶۷۵	-۷۶۳۵۳۳۰
سال ۴	۹۲۷۵	۱۱۲۹۷۹۳۳	۶۶۷۵	۲۲۱۱۴۶۹
سال ۵	۹۲۷۵	۱۶۷۹۱۵۲۳	۷۹۷۵	۱۰۸۹۲۰۴۲
سال ۶	۹۲۷۵	۱۶۷۹۱۵۲۳	۹۲۷۵	۱۷۲۹۲۴۶۲

جدول ۵ نتیجه محاسبه سودها را نشان می‌دهد. جدول ۵ سود مثبت را در طرح‌های ارتقای ۳ و ۴ ساله به ترتیب نشان می‌دهد. هزینه اولیه برای دو طرح یکسان است، اما هزینه خدمات برای طرح ۶ ساله بیشتر از طرح ۴ ساله است زیرا طرح ۶ ساله هزینه نیروی انسانی سالیانه بیشتری دارد. به دلیل تعداد بیشتر اعضای نصب در شروع طرح ارتقای ۴ ساله، سودهای آن بزرگتر از طرح ۶ ساله در سال ۱-۵ می‌باشد. به هر حال، هنگامی تعداد نصب‌ها برای هر دو طرح به سطح یکسانی می‌رسد، سود طرح ۶ ساله بیشتر از طرح ۴ ساله است. از سال ۶ به بعد هزینه خدمات برای طرح ۶ ساله بیشتر است.

۵- نتیجه‌گیری و تحقیقات آینده

با توجه به افزایش رو به رشد جمعیت جهان و نیاز به تولید کافی مواد غذایی فشار زیادی را به سیستم زنجیره تأمین مواد غذایی و کشاورزی وارد کرده است. یکی از راه‌های همراهی با رشد جمعیت، کاهش خسارت‌های ناشی از فساد مواد غذایی در زنجیره تأمین محصولات فاسدشدنی می‌باشد. همچنین با پیشرفت فناوری و استفاده از آن در زنجیره تأمین می‌توان مسائل ناشی از فساد مواد غذایی را بهبود داد. رادیوشناسه یکی از این فناوری‌هایی است که می‌تواند به‌صورت سودمندی خسارت‌های ناشی از فساد مواد غذایی در زنجیره تأمین را کاهش دهد.

در این مقاله استفاده از رادیوشناسه در سطح اقلام بررسی شده و نشان داده شد که برای توزیع‌کننده، خرده‌فروش و مشتری استفاده از رادیوشناسه مزایای زیادی دارد. برای توزیع‌کننده و خرده‌فروش اجرای رادیوشناسه با توجه به کاهش ضایعات و افزایش فروش ترجیح دارد، و مشتری نیز حاضر است برای اطلاعات بیشتری که از محصول بدست می‌آورد هزینه بیشتری بپردازد. تاریخ انقضای محصول روی آن چاپ می‌شود. وقتی مشتری برای خرید مراجعه می‌کند با استفاده از اطلاعات برگرفته از رادیوشناسه می‌تواند تشخیص دهد محصول از لحاظ کیفیت در چه شرایطی قرار داد و در این صورت کاهش کیفیت از مزایای تخفیف استفاده کند. هر چند باز کردن محصول قبل از تاریخ انقضا و تشخیص فساد آن معمول نیست ولی با استفاده از میزان طول عمر باقیمانده محصول می‌توان شرایط کیفی محصول را بررسی کرد.

در سال‌های اخیر، محققان بیشتری بر روی سیستم‌های ردیابی مواد غذایی متمرکز شده‌اند که اطلاعاتی از فرآیندهای تجارت برای اعضای زنجیره عرضه مواد غذایی و مشتریان ارائه می‌دهد. از آنجایی که سرعت خواندن رادیوشناسه از بارکد سنتی بیشتر است، با اجرای فناوری رادیوشناسه، سیستم‌های ردیابی مواد غذایی می‌تواند قابل اطمینان‌تر و کارآمد شود.

در این مقاله چارچوب ارتقای سیستم ردیابی مواد غذایی بررسی، و سود و هزینه‌های مرتبط با اجرای رادیوشناسه برای تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و خرده‌فروشان زنجیره تأمین فروشگاه رفاهی تجزیه و تحلیل شده است. نتایج این تجزیه و تحلیل که از تحقیقات انجام شده در کشور تایوان بوده تنها به عنوان یک نمونه آورده شده است، بنابراین این نتایج وابسته به شرایط محیطی می‌باشد و برای پیاده‌سازی چنین سیستمی در یک صنعت خاص، باید مطالعات امکان‌سنجی فنی و

اقتصادی مجدداً و به‌طور کامل صورت گیرد، ضمن اینکه استفاده از چارچوب ارائه شده می‌تواند بسیار مثمرثمر باشد.

برای تحقیقات آینده می‌توان از تابع رشد دیگری، مانند توزیع نرمال، برای پیش‌بینی تعداد کاربران فناوری رادیوشناسه استفاده شود. دو طرح ارتقای بیان شده می‌تواند فراتر از یک سناریوی فروشگاه برای مثال، برای زنجیره‌های مواد غذایی و عمده‌فروشی گسترش یابد. علاوه بر این، سیاست ایمنی مواد غذایی جهانی تعیین شده بوسیله دولت‌ها به‌طور معمول توسط یک سری از قوانین و مقرراتی است که بسیاری از کشورها برای ایمنی مواد غذایی و شبکه زنجیره عرضه مواد غذایی وضع کرده‌اند. انتظار می‌رود که دولت‌ها برای پیشبرد و تشویق سیستم‌های ردیابی در تمامی مراحل زنجیره تأمین مواد غذایی بودجه‌هایی را اختصاص دهند.

جدول ۶- مصرف برچسب‌های ثبت شده از پنج مکان خرده‌فروش

دسته	مکان ۱		مکان ۲		مکان ۳		مکان ۴		مکان ۵	
	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.
نوشیدنی										
بطری پلاستیکی	۱۱	۲۹	۴۸	۴۸	۲۵	۱۲	۱۷	۶۳	۲۰	۱۶
قوطی فلزی		۳		۹	۱	۱۷	۲		۱	۱۷
بطری شیشه‌ای		۲	۱	۱۵	۱			۴	۲	
کیسه	۲۴	۳۴	۳۵	۱۹	۱۸	۳۱	۱۶	۱۲	۹	۳۷
شیر	۷	۱۲	۵	۱۱	۶	۳		۸		۲
غذای آماده										
برنج	۷	۱۱			۱				۱	
ساندویچ	۵	۸			۸		۲	۲	۲	
دسر	۱	۴							۱	
نان	۷	۱۳	۳	۵	۳		۴	۴	۴	
غذای بسته‌بندی										
اسنک		۴	۶	۱	۳	۵	۲		۲	۵
رشته فرنگی	۱	۲	۱		۱	۳		۱		۳
کلوچه		۴	۲	۱		۵	۲	۴		۴
آبنبات		۴	۳	۲	۴		۲	۲		
غذای فریزری										
غذای فریزری	۱									
بستنی		۲		۱						
جمع کل	۶۴	۱۳۲	۱۰۴	۱۱۲	۷۱	۷۶	۴۷	۱۰۰	۴۲	۸۴

۶- مراجع

1- S. Piramuthu, P. Farahani, and M. Grunow, "RFID-generated traceability for contaminated product recall in perishable food supply networks," *European Journal of Operational Research*, vol. 225, no. 2, pp. 253–262, 2013.

2- S.O. Tromp, H. Rijgersberg, F.I.D.G. Pereira da Silva, and P.V. Bartels, "retail benefits of dynamic expiry dates – simulating opportunity losses due to product loss, discount policy and out of stock," *International Journal of Production Economics*, vol. 139, pp. 14–21, 2012.

3- F. Tijun, T. Feng, D. Sheng, and L. Shuxia, "Impact of RFID technology on supply chain decisions with inventory inaccuracies," *International Journal of Production Economics*, vol. 159, pp. 117–125, 2015.

4- D. Tanner, "Applications for RFID Technologies in the Food Supply Chain," *Reference Module in Food Science*, 2016.

5- M.C. O'Connor, "Cold-chain project reveals temperature inconsistencies," *RFID Journal http://www.rfidjournal.com/articles/view?2860*, 2006.

6- J.-P. Emond and M., Nicometo, "Shelf-life Prediction and FEFO Inventory Management with RFID," *Cool Chain Association Workshop.Temperature Measurements When, Where and How? Knivsta,Sweden*, 2006.

7- K. Koutsoumanis, P.S. Taoukis, and G.J.E. Nychas, "Development of a safety monitoring and assurance system for chilled food products," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 100, no. 1-3, pp. 253–260, 2005.

8- R. Stockute, A. Veaux, and P. Johnson, "Paul Johnson Homepage," *Logistic Distribution. Available from:*, 2006.

9- I.-H. Hong, J.-F. Dang, Y.-H. Tsai, C.-S. Liu, W.-T. Lee, M.-L. Wang and P.-C. Chen, "An RFID application in the food supply chain: A case study of convenience stores in Taiwan," *Journal of Food Engineering*, vol. 106, no. 2, pp. 119–126, 2011.