نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۲، جلـــد ۲۲، تابستـــان ۱۳۹۰
صفحـــه ۱۸۲-۱۹۲

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید
دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

بررسی اثر تورم و ارزش زمانی پول بر روی اندازه‌ی دسته‌ی تولید با وجود دوباره کاری در یک مدل کنترل موجودی

قاسم مصلحی*، مرتضی راستی برزکی و محسن فتح اله بیاتی

کلمات کلیدی

تعیین اندازه‌ی دسته‌ی تولید، دوباره کاری، تورم، ارزش زمانی پول

چکیده:

از جمله فرض های مدل مقدار اقتصادی تولید[1]، عدم تولید قطعات معیوب در حین عملیات تولیدی و نیز عدم توجه به تورم[2] و ارزش زمانی پول[3] می باشد. اما مطالعات صورت گرفته نشان می دهد که در نظر گرفتن تولید قطعات معیوب در مدل های تعیین اندازه دسته تولید و یا وارد کردن موضوع تورم و ارزش زمانی پول در آنها، منجر به تغییر مقدار بهینه دسته تولید می شود. بنابراین، در سیستم های تولیدی با تولید قطعات معیوب، توجه به این دو عامل به منظور تعیین اندازه‌ی دسته‌ی تولید لازم می باشد. این مقاله به بررسی اثر ارزش زمانی پول در مدل مقدار تولید اقتصادی با وجود دوباره کاری پرداخته است. به دلیل پیچیدگی تابع هزینه، یافتن جواب بهینه به سادگی امکان پذیر نیست؛ لذا در این مقاله از الگوریتمی مبتنی بر ترکیب دو روش جستجوی شتابدار و دیکوتوماس به منظور حل مسئله استفاده شده و اثر تورم و ارزش زمانی پول با استفاده از مقادیر عددی مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت تحلیل حساسیت بر اساس پارامترهای نرخ بهره، نرخ تورم و نرخ توأم انجام شده است. محاسبات عددی نشان می دهد که عدم توجه به تورم و ارزش زمانی پول باعث خطای نسبتاً زیادی در هزینه می شود.

۱. مقدمه

از جمله موضوعاتی مهمی که انواع سازمان ها با آن روبرو هستند، مسائلی در زمینه‌ی برنامه ریزی تولید و کنترل موجودی[4] می‌باشد. مسائلی از قبیل میزان و زمان سفارشات مواد اولیه یا قطعات نیمه ساخته، تعیین نوع سیستم کنترل موجودی، تعیین ظرفیت انواع انبارها و برنامه ریزی برای تحویل به موقع و اقتصادی سفارشات در این بحث قرار دارند. موضوع اصلی مسائل کنترل موجودی و برنامه ریزی تولید، تعیین مقدار بهینه سفارش اقتصادی یا تعیین اندازه‌ی دسته‌ی[5] تولید می باشد. این مقدار با توجه به ظرفیت ها و محدودیت ها و به منظور کمینه کردن کل هزینه های مرتبط با سفارش، خرید، نگهداری و تحویل و یا بیشینه کردن کل سود مرتبط با سیستم کنترل موجودی تعیین می شود [۱]. در همین راستا مدل مقدار اقتصادی سفارش به طور وسیعی برای تعیین اندازه‌ی دسته‌ی سفارش و یا خرید قطعات در سیستم های تولیدی به کار می‌رود. این مدل با در نظر گرفتن نرخ تولید به صورت ثابت،به مدل مقدار اقتصادی تولید تعمیم یافته است. دو مورد از مهمترین تعمیم های انجام شده در مدل های کنترل موجودی، افزودن مباحث کنترل کیفی و ارزش زمانی پول به آن مدل ها می باشد. در ادامه به برخی از کارهای انجام شده در زمینه تلفیق مباحث کنترل کیفی و کنترل موجودی و نیز در نظر گرفتن ارزش زمانی پول در مدل های موجودی اشاره می شود.

فرد پیشگام در زمینه تلفیق مسائل کنترل کیفیت و کنترل موجودی پرتوس می‌باشد [۲]. وی در سال ۱۹۸۶ مفهوم کنترل

تاریخ وصول: ۱۳۸۹/۴/۹
تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۱/۲۰

***نویسنده مسئول مقاله: دکتر قاسم مصلحی** استاد دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، دانشگاه صنعتی اصفهان moslehi@cc.iut.ac.ir

مرتضی راستی برزکی، دانشجوی دکترا، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، دانشگاه صنعتی اصفهان

محسن فتح اله بیاتی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

Archive of SID
www.SID.ir

کیفیت را در یک سیستم تولیدی وارد کرد. در نظر گرفتن کیفیت محصول در مسائل کنترل موجودی با ارائه این مقاله، مورد توجه محققین واقع شد. روزنلات و لی با بررسی مدل تولید و در نظر گرفتن محصولات معیوب چنین نتیجه گرفتند که در نظر گرفتن محصولات معیوب باعث کاهش اندازه دسته تولید می‌شود [۳]. روزنلات و لی در مقاله دیگری بحث بازرسی قطعات را با این فرض که قطعات می توانند به وضعیت خارج از محدوده کنترلی وارد شوند، بررسی نمودند[۴].

فاین یک مدل برنامه ریزی پویای احتمالی در یافتن سیاست بهینه با در نظر گرفتن بازرسی ارائه کرد [۵]. هنگ و همکارانش بین کیفیت فرایند و سرمایه گذاری (کاهش زمان راه اندازی) در مسئله تعیین اندازه دسته تولید در حالت پویا ارتباط برقرار کردند [۶]. سالامه و جابر در سال ۲۰۰۰ مدل مقدار سفارش اقتصادی را با این فرض که برخی از کالاهای دریافتی ممکن است کیفیت لازم را نداشته باشند توسعه دادند [۷]. آنها در ارائه فرمول نهایی دچار اشتباهی شده اند که کاردناس آن را اصلاح کرده است [۸]. سالامه و جابر همچنین در مقاله خود به زمان فروش کالاهای معیوب اشاره ی واضحی نکردند. پاپچریستوس و کنتنتراس با اشاره به این مطلب، به اصلاح برخی مطالب آنها پرداختند[۹]. همچنین، گویال و کاردناس در مقاله خود یک فرمول ساده تر برای مدل سالامه و جابر ارائه کردند [۱۰].

مدل ارائه شده توسط آنها جواب نزدیک به بهینه ارایه می دهد. هایک و سالامه با این فرض که در مدل مقدار تولید اقتصادی تمامی قطعات معیوب تولید شده دارای قابلیت دوباره کاری هستند یک نقطه بهینه برای آن معرفی کردند [۱۱]. چو در سال ۲۰۰۳ در مسئله می نیمم هزینه در مدل تولید با در نظر گرفتن نرخ تصادفی برای تعداد قطعات معیوب، ضایعات و دوباره کاری قطعات معیوب با قابلیت دوباره کاری و تقاضای عقب افتاده جواب بهینه را ارائه کرد [۱۲]. چان و همکارانش مدل مقدار تولید اقتصادی را با در نظر گرفتن فروش بخشی از قطعات معیوب با قیمت کمتر، بخشی به صورت دوباره کاری و بخشی به صورت ضایعات گسترش دادند [۱۳]. آنها برای زمان فروش قطعات معیوب با قیمت کمتر سه حالت شامل فروش به محض شناسایی توسط عملیات بازرسی، در پایان زمان تولید به صورت یک دسته و نیز در پایان زمان سیکل به صورت یک جا در نظر گرفتند. جمال و همکارانش در مدل تولید مقدار تولید اقتصادی فرض کردند که تمامی قطعات معیوب تولید شده دارای قابلیت دوباره کاری هستند [۱۴].

آنها فرایند دوباره کاری را مشابه فرایند تولید در نظر گرفتند؛ با این تفاوت که فرایند دوباره کاری هیچ گونه خروجی معیوبی نخواهد داشت. همچنین آنها برای زمان انجام فرایند دوباره کاری دو سیاست شامل دوباره کاری در هر سیکل و دوباره کاری در پایان افق برنامه ریزی، در نظر گرفتند. حجی و همکارانش تولید محصولات معیوب را در یک حالت خاص مسئله روزنامه فروش که پیش از این توسط بیجاری و حجی تحت عنوان "مدل احتمالی یک دوره ای با موجودی تصادفی در ابتدای دوره" ارائه شده بود در نظر گرفتند [۱۵ و۱۶].

فلاپر و جنسن مروری مفید بر انواع کاری های انجام شده در زمینه دوباره کاری انجام داده اند [۱۷]. سو در همین راستا مدل اقتصادی سفارش را با در نظر گرفتن هزینه تاگوچی برای قطعات معیوب مورد بررسی قرار داده است [۱۸]. از جمله مفروضات سو این است که توزیع مشخصه کیفی کالا نرمال باشد. راستی و همکارانش نیز مدل سو را برای حالتی که توزیع مشخصه کیفی قطعات، دارای توزیع عمومی‌باشد، مورد بررسی قرار داده اند و چنین نتیجه گرفته اند که مقدار سفارش اقتصادی برای آن مسئله به توزیع مشخصه کیفی بستگی ندارد [۱۹]. فتح اله بیاتی و دیگران، یک مدل یکپارچه محاسبه مقدار اقتصادی سفارش و بازاریابی توسعه داده اند که در آن محصولات از نظر کیفیت به چهار دسته محصولات با کیفیت مرغوب، محصولات ناتمام، محصولات معیوب قابل دوباره کاری و محصولات معیوب غیر قابل دوباره کاری تقسیم شده اند [۲۰].

ارزش زمانی پول برای اولین بار توسط هادلی در سال ۱۹۶۴ مورد بررسی قرار گرفت [۲۱]. وی مقادیر سفارش محاسبه شده با استفاده از متوسط هزینه سالیانه و هزینه تنزیل یافته[۶] را با یکدیگر مقایسه کرد و با مثال های عددی که پارامترهای آن مقادیری مطابق با دنیای واقعی باشند، نتیجه گرفته است که تفاوت هزینه در دو مدل قابل چشم پوشی است.

با وجود این وی نشان داده است که در حالت های حدی، اختلاف غیر قابل اغماضی ممکن است بدست آید. شخص پیشگام در زمینه در نظر گرفتن تورم در مدل های کنترل موجودی بازاکت می‌باشد که وی در سال ۱۹۷۵ برای اولین بار مدل مقدار سفارش اقتصادی را با در نظر گرفتن تورم مورد بررسی قرار داد [۲۲]. وی در پایان با جمع بندی مطالب نتیجه گرفته است که مدل مقدار سفارش اقتصادی با در نظر گرفتن تورم[۷] باید اصلاح شود. پس از آنها مقالات زیادی به منظور گسترش انواع مدل های موجودی با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول و نرخ های تورم چند گانه داخلی و خارجی[۸] ارائه شده است. بیشتر تحقیقات انجام شده در زمینه کنترل موجودی و ارزش زمانی پول در سال های بین ۱۹۶۴ تا ۱۹۹۰ مربوط به مدل های ایستا و اغلب کارهای انجام شده‌ی بعد از آن مربوط به مدل های پویا و احتمالی می باشد. به عنوان مثال، بیرمن و توماس در سال ۱۹۷۷ مدل مقدار سفارش اقتصادی را با در نظر گرفتن همزمان ارزش زمانی پول و تورم و با فرض گسسته بودن جریان نقدی کلیه هزینه ها بدون توجه به کارهای هادلی و بازاکت مورد بررسی قرار داده و آنرا با مدل مقدار سفارش اقتصادی مقایسه کردند. جیز و همکارانش نیز مدل مقدار سفارش اقتصادی را با

Archive of SID
www.SID.ir

ارزش زمانی پول و تورم و با فرض پیوسته بودن جریان نقدی هزینه نگهداری بررسی کرده و نتیجه گرفتند که مقدار سفارش اقتصادی با و بدون در نظر گرفتن تورم تقریباً نتیجه یکسانی دارد [۲۳]. مهرا و همکارانش در سال ۱۹۹۱ نشان دادند که نتیجه بیان شده توسط جیز و همکارانش همیشه درست نیست.

چاندارا و بانر در سال ۱۹۸۵ اثر تورم و ارزش زمانی پول را در دو مدل مقدار سفارش اقتصادی در حالت مجاز بودن کسری و مقدار تولید اقتصادی بدون کسری با دو نرخ تورم برای هزینه های داخلی و خارجی بررسی کرده اند و به منظور یافتن جوابی نزدیک جواب بهینه استفاده از روش های جستجو را برای هر دو مدل پیشنهاد کردند [۲۴]. سارکر و پن اثر تورم و ارزش زمانی پول را در مدل اقتصادی تولید در حالت مجاز بودن کمبود بررسی کرده و به دلیل پیچیدگی برای به دست آوردن جواب بهینه، تابع هدف، روش جستجوی هوک و جیوز را معرفی کردند [۲۵و۲۶]. در زمینه مدل های پویا، در سال ۲۰۰۱ مفهوم ارزش زمانی پول و تورم در مدلی که در آن تقاضا وابسته به قیمت و کسری نیز مجاز باشد مورد استفاده قرار گرفت [۲۷].

سان و کورانس در سال ۲۰۰۲، تولید در حالت چند محصولی و چند مرحله ای با به کارگیری ارزش زمانی پول به منظور می‌نیمم کردن مجموع هزینه‌ها مورد بررسی قرار دادند [۲۸]. در سال ۲۰۰۳ یک مدل احتمالی برای سیستم موجودی چند محصولی و چند مرحله ای با محدودیت ظرفیت و با تابع هدفِ امید ریاضی ارزش فعلی هزینه ها ارائه و برای یافتن جواب مسئله از تکنیک برنامه ریزی پویا استفاده شد [۲۹]. یانگ و همکارانش نیز در سال ۲۰۰۵ مدل های موجودی را با در نظر گرفتن زمان تحویل متغیر (با فرض تابع چگالی نرمال) و با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول توسعه دادند [۳۰].

مون و همکارانش در سال ۲۰۰۵ مدل هایی را برای کالاهایی که با مرور زمان از ارزش آنها کاسته می‌شود و یا به ارزش آنها افزوده می‌شود با الگوی تقاضای وابسته به زمان و با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول و تورم برای یک افق برنامه ریزی مشخص بررسی و روش جستجوی ساده ای برای یافتن جواب نزدیک بهینه ارائه کردند [۳۱]. در سال ۲۰۰۶ مصلحی و راستی اثر ارزش زمانی پول را در مدل اندازه دسته تولید با تکنولوژی گروهی[۹] که توسط بوچر و به منظور تعین اندازه دسته تولید بر پایه ایده تکنولوژی گروهی معرفی شده بود، مورد بررسی قرار دادند و چنین نتیجه گرفتند که خطای ناشی از عدم توجه به ارزش زمانی پول در مدل بوچر غیر قابل چشم پوشی می باشد [۳۲و۳۳]. در سال ۲۰۰۸، کومار دی و همکاران، یک مدل موجودی با در نظر گرفتن افق زمانی محدود را برای محصولات زوال پذیر توسعه دادند که در آن تورم و ارزش زمانی پول در نظر گرفته شده است. در این مدل فرض بر این است که دو انبار مجزا موجود بوده و هزینه نگهداری کالا در دو انبار متفاوت است. همچنین تقاضا وابسته به زمان و مجاز بودن کسری در نظر گرفته شده است. در نهایت مدل حاصل با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شده است [۳۴]. اخیرا میرزازاده یک مدل موجودی برای محصولات زوال پذیر توسعه داده است که در آن تورم وابسته به زمان و تقاضا وابسته به تورم در نظر گرفته شده است. این مدل با فرض مجاز بودن کسری و نرخ تورم داخلی و خارجی توسعه داده شده است [۳۵]. همچنین در سال ۲۰۱۰، چیو و سو ضمن در نظر گرفتن کیفیت های متفاوت محصولات و ارزش زمانی پول، فرض کرده اند که کیفیت پروسه تولید به صورت یک تابع نمایی قابل بهبود است؛ یعنی با سرمایه گذاری لازم می توان نوسانات کیفیت محصولات را کاهش داد [۳۶].

یکی از مدل های تعمیم یافته مقدار تولید اقتصادی با وجود قطعات معیوب، مدل ارائه شده توسط جمال و همکارانش می باشد. [۱۴] از آنجا که این مدل تطابق زیادی با دنیای واقعی دارد، مورد توجه نویسندگان مقاله حاضر قرار گرفته و به منظور کامل تر کردن آن از جهت سازگاری بیشتر با واقعیت ها، موضوع ارزش زمانی پول به آن اضافه شده است.

جمال و همکارانش دو نوع سیاست برای زمان انجام عملیات دوباره کاری در نظر گرفته اند؛ در سیاست نوع اول فرض شده است که عملیات دوباره کاری، در هر سیکل و بلافاصله بعد از کامل شدن عملیات تولیدی یک دسته شروع می شود. در سیاست دوم زمان فرض شده است که تمامی قطعات معیوب تولید شده در هر سیکل جمع آوری و در پایان افق برنامه ریزی به صورت یک جا مورد پردازش قرار می گیرند. این مقاله اثر ارزش زمانی پول را در مسئله تعیین اندازه دسته تولید با در نظر گرفتن دوباره کاری در هر سیکل (سیاست نوع اول) مورد بررسی قرار داده است.

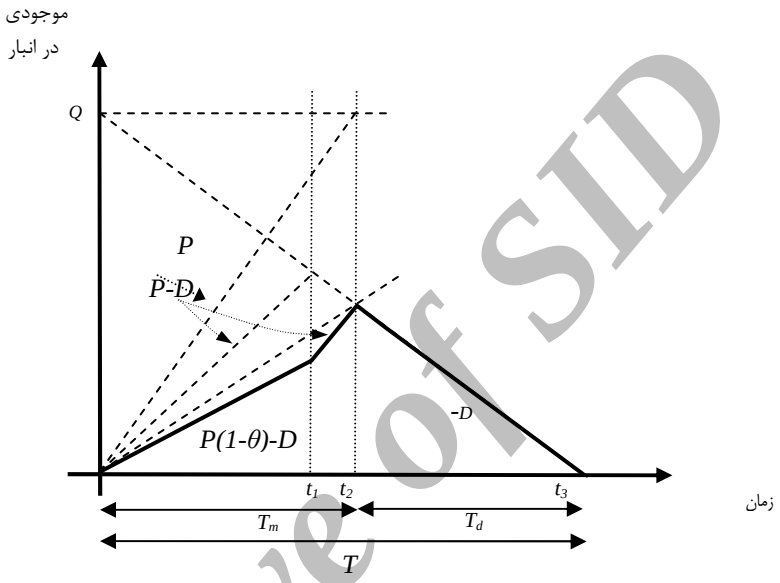
بخش دوم این مقاله شامل تعریف مسئله، بیان فرض ها و معرفی نمادهای به کاررفته در مقاله می باشد. پس از آن در بخش سوم، مسئله‌ی بیان شده با توجه به ارزش زمانی پول ارائه و مدل‌سازی می شود. مدل ارائه شده یک تابع هزینه بر حسب متغیر تصمیمِ اندازه‌ی دسته‌ی تولید می‌باشد که به دلیل پیچیده بودن این تابع یافتن نقطه‌ی بهینه با استفاده از تکنیک مشتق‌گیری امکان پذیر نیست. در بخش چهارم الگوریتمی مبتنی بر ترکیب روش‌های جستجوی شتابدار و دیکوتوماس به منظور یافتن جواب نزدیک به بهینه پیشنهاد شده است و در بخش پنجم با ارائه یک مثال و انجام تحلیل حساسیت و محاسبات عددی اهمیت در نظر گرفتن ارزش زمانی پول در مدل مذکور مورد بررسی قرار گرفته است. بخش نهایی به نتیجه گیری، همراه با ارائه‌ی پیشنهادات اختصاص داده شده است.

۲. تعریف مسئله

یک سیستم تولیدی تک محصولی را در نظر بگیرید که در آن در هر دوره، دسته ای به اندازه Q واحد محصول تولید می شود. مشاهدات

www.SID.ir

گذشته نشان می دهد که θ درصد از این قطعات تولیدی معیوب و قابل دوباره کاری هستند. بنابراین فرض می شود که همواره به طور ثابت و مشخص، θ درصد از محصولات تولید شده معیوب هستند. عملیات بازرسی ، بدون زمان و هزینه و به صورت صد در صد انجام می گیرد. به عبارت دقیق تر، به منظور پی بردن به کیفیت قطعات و شناسایی قطعات معیوب، هر قطعه بلافاصله بعد از تولید تحت عملیات بازرسی قرار می گیرد. همچنین در اینجا فرض می شود هر قطعه تولیدی یا سالم است و یا معیوب. قطعاتی که بوسیله عملیات بازرسی سالم تشخیص داده می شوند بلافاصله به انبار می روند تا پاسخ گوی نیاز مشتریان باشند. تقاضا پیوسته و با نرخ D واحد کالا در واحد زمان است. قطعاتی که معیوب هستند، پس از انجام عملیات بازرسی، در کنار دستگاه در سبد موجودی قطعات معیوب نگهداری می شوند تا پس از پایان تولید Q واحد وارد فرایند دوباره کاری شوند. پس از عملیات دوباره کاری، همه قطعات معیوب به قطعات سالم تبدیل می شوند. بنابراین قطعات معیوب پس از دوباره کاری، به عنوان قطعات سالم به انبار برای جواب دادن به تقاضا فرستاده می‌شوند. در شکل (۱)، رفتار موجودی در انبار بر حسب زمان نشان داده شده است.



شکل۱. رفتار موجودی محصول در انبار بر حسب زمان

لازم به ذکر است که فرایند دوباره کاری از نظر زمان و هزینه مشابه فرایند تولید فرض می شود. هدف، تعیین اندازه‌ی دسته‌ی تولید می‌باشد به نحوی که مجموع هزینه‌های تنزیل یافته مرتبط با سیستم موجودی، شامل ارزش فعلی هزینه‌های راه اندازی، تولید (شامل هزینه تولید اولیه و هزینه دوباره کاری) و نگهداری کالا در انبار می‌نیمم شود. همانند جمال و همکارانش هزینه نگهداری قطعات معیوب در کنار دستگاه ناچیز فرض می شود.

۲-۱. فرضیات

فرضیات مدل مورد بررسی در این مقاله عبارتند از:

- یک محصول وجود دارد.
- کمبود مجاز نیست.
- هزینه زمان بازرسی ناچیز فرض می شود.
- عملیات راه اندازی نیاز به زمان ندارند ولی به ازای هر بار راه اندازی هزینه‌ای ثابت منظور می شود.
- یک دستگاه وجود دارد و پس از انجام عملیات لازم، قطعات سالم به انبار جهت برآوردن تقاضا فرستاده می‌شوند.
- انقطاع در حین انجام عملیات تولیدی یک دسته وجود ندارد.
- کلیه پارامترها مانند نرخ تقاضا، زمان ماشین‌کاری هر قطعه، زمان راه اندازی، درصد قطعات معیوب و ... (به جزء هزینه ها که متورم می شوند) مشخص و ثابت (غیر تصادفی) هستند.
- ارزش افزوده در حین عملیات تولیدی صورت می گیرد و پرداخت ها به صورت پیوسته و لحظه ای فرض می‌شود.
- طول افق برنامه ریزی بی نهایت می باشد.

۲-۲- نمادها

نمادهای مورد استفاده در این مقاله به شرح زیر است:

Archive of SID
www.SID.ir

A	هزینه هر بار راه اندازی دستگاه در ابتدای افق برنامه ریزی (واحد پول به دفعه سفارش)
c	هزینه پردازش هر واحد کالا در ابتدای افق برنامه ریزی (واحد پول به واحد کالا)
h	واحد هزینه نگهداری هر واحد محصول در واحد زمان در ابتدای افق برنامه ریزی (واحد پول به واحد کالا به واحد زمان)
D	نرخ تقاضا در واحد زمان (واحد کالا به واحد زمان)
P	نرخ تولید در واحد زمان (واحد کالا به واحد زمان)
θ	نسبت محصول معیوب به کل
α	نرخ بهره مرکب به صورت پیوسته
β	نرخ تورم مرکب به صورت پیوسته
t_1	انتهای دوره تولید در هر سیکل (واحد زمان)
t_2	انتهای دوره دوباره کاری در هر سیکل (واحد زمان)
T_m	کل زمان پردازش در هر سیکل (واحد زمان)
T_d	طول بازه مصرف بدون تولید (واحد زمان)
T	طول هر دوره (واحد زمان)
Q	اندازه دسته تولید_متغیر تصمیم (واحد کالا)
Q^*_{Jamal}	اندازه دسته تولید بهینه مدل جمال و همکارانش (واحد کالا)
Q^*	اندازه نزدیک به بهینه دسته تولید با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول (واحد کالا)
$H(t)$	واحد هزینه نگهداری هر واحد کالا در انبار در زمان t (واحد پول به واحد کالا در واحد زمان)
$I(t)$	تابع سطح موجودی انبار بر حسب زمان (واحد کالا)
C_s	ارزش فعلی هزینه راه اندازی در هر دوره (واحد پول)
C_m	ارزش فعلی هزینه تولید در هر دوره (واحد پول)
C_h	ارزش فعلی هزینه نگهداری موجودی انبار در هر دوره (واحد پول)
C	ارزش فعلی کل هزینه‌های مرتبط با موجودی برای هر دوره (واحد پول)
$TC(Q)$	ارزش فعلی کل هزینه‌های مرتبط با موجودی برای افق برنامه ریزی بی نهایت (واحد پول)

۳. تعیین اندازه‌ی دسته‌ی تولید با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول

بررسی رفتار موقعیت موجودی کالای ساخته شده در سلول تولیدی و محصول نهایی در انبار در طی زمان به منظور محاسبه انواع هزینه‌های موجودی لازم است.

از آنجایی که تقاضا قطعی است، رفتار موجودی کالای ساخته شده در انبار تقریباً مشابه مدل مقدار تولید اقتصادی می‌باشد. علت عدم یکسان بودن رفتار مدل بیان شده با مدل مقدار تولید اقتصادی فرایند دوباره کاری می باشد.

رفتار سطح موجودی محصول در انبار در شکل (۱) نشان داده شده است به علت لزوم بیان نکاتی در حین محاسبات مربوط به یافتن انواع هزینه ها و نیز به دلیل محاسبه خطای ناشی از عدم توجه به ارزش زمانی پول در بخش محاسبات عددی در زیر روابط بدست آمده توسط جمال و همکارانش آورده شده است. روابط ۱و۲ به ترتیب، تابع هزینه و نقطه بهینه مدل جمال و همکارانش را نشان می دهند.

$$TC = A\frac{D}{Q} + cD(1+\theta) + \frac{HQD}{2P^2}[(P(1-\theta)-D)(1+2\theta)+\theta^2(P-D)] + \frac{HQ}{2P}(1-\frac{D}{P}-\frac{\theta D}{P})^2 \quad (۱)$$

$$Q^*_{Jamal} = \sqrt{\frac{2AD}{h[1-\frac{D}{P}(1+\theta+\theta^2)]}} \quad (۲)$$

روابطی که توسط جمال و همکارانش در مورد هزینه های تولید شامل هزینه پردازش اولیه و عملیات دوباره کاری بدست آمده (جمله $cD(1+\theta)$ در رابطه ۱) نشان می دهد که این دو هزینه به اندازه دسته تولید بستگی ندارد؛ بنابراین، آنها در تعیین اندازه بهینه دسته تولید بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول نقشی ندارند. اما همان طور که در ادامه خواهد آمد با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول این دو هزینه در تعیین اندازه بهینه دسته تولید موثر هستند. روابط ۳ تا ۶ نحوه محاسبه اجزاء زمانی هر دوره شامل t_1،

Archive of SID
www.SID.ir

t_2، T_m و T را نشان می دهند. این روابط با توجه به شکل (۱) به راحتی قابل دست یابی هستند:

$$t_1 = \frac{Q}{P} \quad (۳)$$

$$t_2 = t_1 + \frac{\theta Q}{P} = \frac{(1+\theta)Q}{P} \quad (۴)$$

$$T_m = \frac{(1+\theta)Q}{P} \quad (۵)$$

$$T = \frac{Q}{D} \quad (۶)$$

همان‌طور که پیش از این اشاره شد هزینه های سیستم موجودی شامل هزینه های راه اندازی، تولید (هزینه تولید اولیه و هزینه دوباره کاری) و نگهداری کالای در انبار می باشد. به منظور محاسبه ارزش فعلی مجموع هزینه های افق برنامه ریزی، در ابتدا ارزش فعلی هزینه یک دوره محاسبه می شود؛ سپس، با توجه به اینکه دوره‌ها مشابه هستند؛ ارزش فعلی کل هزینه‌ها قابل محاسبه خواهد بود. ارزش فعلی مجموع هزینه های هر دوره برابر است با:

$$C = C_s + C_m + C_h \quad (۷)$$

اکنون با توجه به توضیحات بالا و با توجه به شکل (۱) به محاسبه ارزش فعلی هر یک از هزینه های بیان شده در طول یک دوره می‌پردازیم:

۳-۱. محاسبه ارزش فعلی هزینه راه اندازی در هر دوره

با توجه به نمادهای تعریف شده، هزینه‌ی ثابت هر بار راه اندازی ماشین A می باشد که با دقت در شکل (۱) روشن می شود که این هزینه در ابتدای هر دوره اتفاق می افتد. بنابراین ارزش فعلی هزینه راه اندازی هر دوره برابر است با:

$$C_s = A \quad (۸)$$

۳-۲. محاسبه ارزش فعلی هزینه تولید در هر دوره

با توجه به نمادهای تعریف شده، هزینه تولید هر واحد محصول c واحد پول می باشد که این محصول ممکن است سالم یا معیوب باشد.

با توجه به اینکه نرخ تولید و نیز دوباره کاری در واحد زمان P واحد کالا می باشد؛ بنابراین هزینه تولید و یا دوباره کاری در واحد زمان و مادامی که تولید صورت می گیرد، برابر cP است. با توجه به روابط اقتصاد مهندسی، ارزش فعلی جریان نقدی f در زمان t برابر با $fe^{-\alpha t}$ است [۳۷]؛ همچنین در صورتی که تورم مدنظر باشد می‌توان گفت اگر g ارزش کالایی در زمان صفر باشد؛ مقدار آن با اعمال تورم به صورت پیوسته و مرکب در زمان t برابر با $ge^{\beta t}$ است که در آن β نرخ تورم می باشد. با توجه به این نکته ارزش فعلی هزینه تولید و دوباره کاری هر دوره برابر با $\rho = \beta - \alpha$ است.

بنابراین داریم:

$$C_m = \int_0^{t_2} (cPe^{\beta t})e^{-\alpha t}dt = \frac{cP}{\beta-\alpha}(e^{(\beta-\alpha)t_2} - 1) = \frac{cP}{\rho}(e^{\frac{\rho(1+\theta)Q}{P}} - 1) \quad (۹)$$

۳-۳. محاسبه ارزش فعلی هزینه نگهداری در هر دوره

با توجه به نمادهای تعریف شده، $H(t)$ و $I(t)$ به ترتیب واحد هزینه نگهداری هر واحد کالا و میزان موجودی در انبار در زمان t می باشند. هزینه نگهداری موجودی در انبار در طول هر دوره با توجه به میزان موجودی هر لحظه از زمان، برابر است با:

$$C_h = \int_0^T H(t)I(t)dt \quad (۱۰)$$

اگر h هزینه نگهداری هر واحد کالا در واحد زمان و در مبداء زمان (زمان صفر) باشد، در این صورت $H(t)$ برابر است با:

$$H(t) = (he^{\beta})e^{-\alpha} = he^{\rho t} \quad (۱۱)$$

با توجه به رابطه (۱۰)، به منظور محاسبه هزینه نگهداری موجودی در انبار، دانستن تابع مقدار موجودی بر حسب زمان نیز لازم است. با دقت به شکل (۱) مشاهده می شود که رفتار موجودی در کل دوره را می توان با تفکیک زمان دوره به سه جز، به صورت تابعی از زمان نشان داد. با توجه به شکل (۱) رفتار موجودی به صورت تابعی از زمان برابر است با:

$$I(t) = \begin{cases} [P(1-\beta) - D]t & t \in [0, t_1] \\ [P(1-\beta) - D]t_1 + (P - D)(t - t_1) & t \in [t_1, t_2] \\ [P(1-\beta) - D]t_1 + (P - D)(t_2 - t_1) - D(t - t_2) & t \in [t_2, t_3] \end{cases} \quad (۱۲)$$

که پس از جایگذاری روابط (۳)، (۴) و (۵) در رابطه (۱۲) و ساده سازی داریم:

Archive of SID
www.SID.ir

$$I(t)=\begin{cases}[P(1-\theta)-D]t & t\in[0,t_1]\\ -\theta Q+(P-D)t & t\in[t_1,t_2]\\ Q-Dt & t\in[t_2,t_3]\end{cases} \qquad (۱۳)$$

با استفاده از روابط (۱۰)، (۱۱) و (۱۳) ارزش فعلی کل هزینه‌ی نگهداری کالای ساخته شده (محصول) برابر است با:

$$\begin{aligned}C_h &= \int_0^T I(t)H(t)dt\\ &= \int_0^{t_1}[(P(1-\theta)-D)t]he^{\rho t}dt\\ &\quad+\int_{t_1}^{t_2}[-\theta Q+(P-D)t]he^{\rho t}dt\\ &\quad+\int_{t_2}^{t_3}[Q-Dt]he^{(\beta-\alpha)t}dt\\ &= \frac{Ph}{\rho^2}\left[\left(1-e^{\frac{Q\rho(1+\theta)}{P}}+\theta(e^{\frac{Q\rho}{P}}-1)\right)+\frac{D}{P}\left(e^{\frac{Q\rho}{D}}-1\right)\right]\end{aligned} \qquad (۱۴)$$

۳-۴- محاسبه ارزش فعلی کل هزینه ها

در بخش قبلی هر یک از جملات هزینه‌ی یک دوره به صورت جداگانه محاسبه شد؛ بنابراین کل هزینه های مرتبط با موجودی برای یک دوره با توجه به رابطه‌ی (۷) قابل محاسبه می باشد. در ضمن واضح است که این هزینه در هر دوره به طور مشابه تکرار می‌شود.

بنابراین به منظور به دست آوردن ارزش فعلی مجموع هزینه‌ها، ارزش فعلی هزینه‌ی هر دوره برای افق برنامه ریزی (مدت زمان نامحدود) با توجه به ارزش زمانی پول با هم جمع می شود. با توجه به اینکه فاصله دوره ها از یکدیگر به اندازه طول هر دوره (T) می باشد، ارزش فعلی هزینه‌ها برابر است با:

$$TC(Q)=C+Ce^{\rho T}+Ce^{2\rho T}+\ldots)=C(1+e^{-(\alpha-\beta)\frac{Q}{D}}+e^{-2(\alpha-\beta)\frac{Q}{D}}+\ldots) \qquad (۱۵)$$

اگر $\rho=\beta-\alpha>0$ باشد، در صورتی که افق برنامه ریزی بی نهایت فرض شود، عبارت داخل پرانتز رابطه (۱۵) واگرا خواهد بود؛ پس عبارت مشخصی برای $TC(Q)$ به دست نمی آید. بنابراین در صورتی که $\beta-\alpha>0$ باشد، باید یک افق برنامه ریزی محدود (معمولاً یک سال) در نظر گرفته شود تا تابع هزینه کل همگرا شود. اما در صورتی که $\alpha-\beta\geq 0$ باشد (که در عمل هم همین طور است زیرا نرخ بهره حداقل به اندازه نرخ تورم می باشد) عبارت داخل پرانتز سمت راست رابطه (۱۵) برابر $\frac{1}{1-e^{\frac{\rho Q}{D}}}$ می شود که دراین حالت $TC(Q)$ همگرا می شود. در این صورت با جایگذاری ارزش فعلی مجموع هزینه های هر سیکل (C) که با استفاده از روابط (۸)، (۹) و (۱۴) بدست می آید در رابطه (۱۵)، ارزش فعلی مجموع هزینه‌های موجودی به صورت زیر بدست می آید:

$$\begin{aligned}TC(Q)=\{&A+\frac{cP}{\rho}(e^{\rho(1+\theta)\frac{Q}{P}}-1)\\ &+\frac{Ph}{(\alpha-\beta)^2}\left[\left(1-e^{\rho(1+\theta)\frac{Q}{P}}+\theta(e^{\rho\frac{Q}{P}}-1)\right)+\frac{D}{P}\left(e^{\rho\frac{Q}{D}}-1\right)\right]\}\\ &*\left(\frac{1}{1-e^{\rho\frac{Q}{D}}}\right)\end{aligned} \qquad (۱۶)$$

۴. روش حل مسئله

همان‌گونه که مشاهده شد رابطه‌ی۱۶، تابعی یک متغیره برحسب Q می‌باشد. در صورتی که مشتق دوم تابع مثبت باشد، این تابع همواره محدب بوده و دارای نقطه می‌نیمم مطلق است. برای یافتن نقطه‌ی بهینه هم باید از تابع نسبت به Q مشتق گرفت و ریشه آن را پیدا کرد. محاسبات نشان می دهد که نتیجه مشتق اول و دوم پیچیده و طولانی است. بررسی های صورت گرفته نشان می دهد به دست آوردن ریشه مشتق اول به عنوان نقطه‌ی بهینه و نشان دادن مثبت بودن مشتق دوم امکان پذیر نیست. استفاده از تقریب خطی $e^{-\delta}=1-\delta+\frac{\delta\wedge 2}{2}$ نیز مشکل را حل نمی کند زیرا محاسبات نشان می دهد با به کار گیری این تقریب، پیچیدگی مشتق تابع هدف به قوت خود باقی می ماند. با توجه به عدم کارایی تکنیک مشتق در بدست آوردن ریشه‌ی تابع باید به سراغ روش های جستجو رفت. بیشتر روش های بهینه یابی عددی مبتنی بر تولید دنباله‌ای از مقادیر تقریبی است به طوری که با توجه به آن مقادیر، تابع هدف بهبود یابد. در این مقاله از ترکیب الگوریتم جستجو با حرکت شتابدار (به منظور جستجوی سریع بازه ای که نقطه بهینه در آن قرار دارد) و روش دیکوتوماس (به منظور کاهش بازه انتخاب شده و معرفی یک نقطه نزدیک به بهینه به قدر دلخواه)، برای حل مسئله استفاده شده است [۳۸]. این روش ترکیبی قادر است با هر دقت دلخواه به جواب بهینه نزدیک شود. در روش مذکور از Q_{Jamal}

Archive of SID
www.SID.ir

(رابطه ۲) به عنوان نقطه شروع اولیه استفاده شده است. مراحل این الگوریتم به شرح زیر است (در این الگوریتم δ دقت مورد نظر و ε یک عدد کوچک است):

گام صفر: تابع $TC(Q)$ که یک تابع هزینه یک متغیره است را در نظر بگیرید.

گام اول: نقطه شروع اولیه (Q_0) را تعیین کنید ($Q_0=Q_{Jamal}$). چنانچه $TC(Q_0+\varepsilon)>TC(Q_0)$، قرار دهید: $s=-0.02Q_0$ و در غیر این صورت قرار دهید: $s=0.02Q_0$.

گام دوم: قرار دهید: $Q_1=Q_0$. تا زمانی که $TC(Q_1)<TC(Q_0)$ قرار دهید: $Q_1=Q_1+s$.

گام سوم: اگر $Q_0>Q_1$ است، مقادیر Q_0 و Q_1 را با یکدیگر جایگزین کنید.

گام چهارم: قرار دهید: $Q_0^* = Q_0 + (Q_1 - Q_0)/2 - \delta/2$ و $Q_1^* = Q_0 + (Q_1 - Q_0)/2 + \delta/2$

- اگر $TC(Q_0^*) < TC(Q_1^*)$ آنگاه مقادیر $Q > Q_1^*$ را حذف نموده و قرار دهید: $Q_1 = Q_1^*$
- اگر $TC(Q_0^*) > TC(Q_1^*)$ آنگاه مقادیر $Q < Q_1^*$ را حذف نموده و قرار دهید: $Q_0 = Q_0^*$
- اگر $TC(Q_0^*) = TC(Q_1^*)$ دو نقطه دیگر را به عنوان Q_0 و Q_1 انتخاب کنید. (با تغییر در δ)

گام پنجم: اگر $|TC(Q_0^*) - TC(Q_1^*)| < \delta$ قرار دهید: $Q^* = (Q_0^* + Q_1^*)/2$ (Q^* جواب نزدیک به بهینه رابطه ۱۶ است). در غیر این صورت به گام چهارم بروید.

۵. مثال عددی و تحلیل حساسیت

در این بخش با بیان یک مثال عددی، نتایج حاصل از مدل پیشنهادی با نتایج مدل جمال و دیگران [۱۴] مقایسه گردیده و سپس به تحلیل حساسیت مدل پیشنهادی پرداخته می شود.

مثال عددی زیر مفروض است:

سال / واحد کالا	۱۰۰	=	D	دفعه سفارش/ریال	=	۱۹۰۰	A
سال / واحد کالا	۱۱۰۰	=	P	واحد کالا/ریال	=	۱۲۰	c
٪	۱۷	=	θ	واحد کالا. سال/ریال	=	۶	h

جدول (۱) جواب نزدیک به بهینه این مثال را به همراه ارزش فعلی مجموع هزینه ها برای جواب نزدیک به بهینه و نقطه بهینه ای که با استفاده از رابطه (۲) به دست می آید، نشان می دهد. در این جدول، ۹ مقدار متفاوت برای نرخ بهره و تورم در نظر گرفته شده است:

جدول۱. حل یک مثال عددی برای مقادیر مختلف نرخ بهره و نرخ تورم و مقایسه با مدل جمال و دیگران [۱۴]

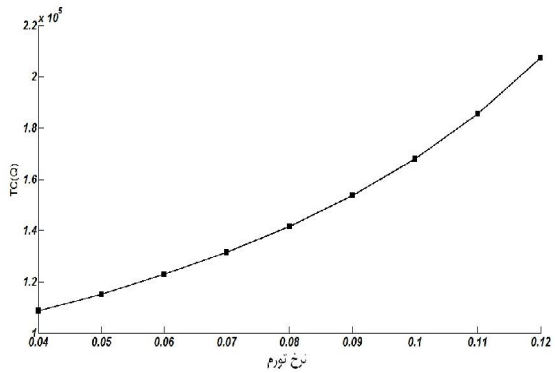
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
ردیف	α (%)	β (%)	Q^*	$TC(Q^*)$	Q^*_{Jamal}	$TC(Q^*_{Jamal})$	$\frac{TC(Q^*_{Jamal})-TC(Q^*)}{TC(Q^*)}*100$
۱	۵	۴	۲۳۹	۱۵۶۳۶۰۰	۲۶۷	۱۵۶۴۵۰۰	۰/۰۶
۲	۱۰	۵	۱۷۹	۳۲۴۰۳۰	۲۶۷	۳۲۷۵۴۰	۱/۰۸
۳	۱۵	۶	۱۴۸	۱۸۵۱۵۰	۲۶۷	۱۹۰۳۱۰	۲/۷۹
۴	۲۰	۷	۱۳۰	۱۳۱۲۸۰	۲۶۷	۱۳۷۶۸۰	۴/۸۷
۵	۲۵	۸	۱۱۶	۱۰۲۵۴۰	۲۶۷	۱۰۹۹۲۰	۷/۲۰
۶	۳۰	۹	۱۰۶	۸۴۶۰۷	۲۶۷	۹۲۸۲۴	۹/۷۱
۷	۳۵	۱۰	۹۸	۷۲۳۲۷	۲۶۷	۸۱۲۶۷	۱۲/۳۶
۸	۴۰	۱۱	۹۲	۶۳۳۷۴	۲۶۷	۷۲۹۵۵	۱۵/۱۲
۹	۴۵	۱۲	۸۷	۵۶۵۴۹	۲۶۷	۶۶۷۰۶	۱۷/۹۶

www.SID.ir

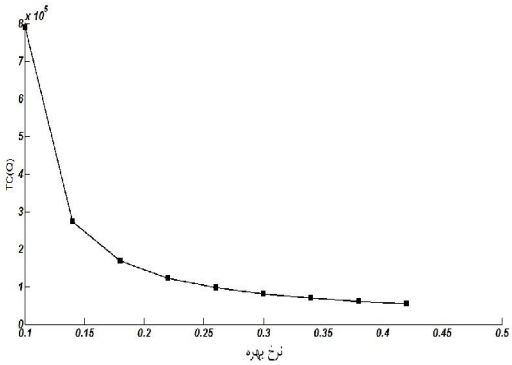
ستون۴ این جدول مقدار بهینه هزینه کل را برای نرخ های متفاوت نشان می دهد. این مقدار با استفاده از الگوریتم جستجوی بیان شده در مورد ارزش فعلی کل هزینه ها به دست آمده است. ستون ۵ کمترین مقدار هزینه ها را نشان می دهد که از رابطه (۱۶) و به ازای دسته تولیدی به اندازه ستون۴ به دست می آید. ستون های۶ و ۷ به ترتیب مقادیر بهینه و هزینه می نیمم مدل جمال و همکارانش را نشان می دهند. ستون۸ درصد خطای ناشی از عدم توجه به تورم و ارزش زمانی پول در تعیین اندازه دسته تولید نشان می دهد. این مثال نشان می دهد که خطای عدم توجه به ارزش زمانی پول و تورم در مدل جمال و همکارانش قابل چشم پوشی نمی باشد. برای مثال همان طور که از جدول مشاهده می شود این خطا برای نرخ بهره ۲۵ درصد و نرخ تورم ۸ درصد برابر ۷/۲ درصد می باشد؛ واضح است که این مقدار خطا در هزینه ها حائز اهمیت می باشد. در ادامه به تحلیل حساسیت مدل پیشنهادی نسبت به پارامترهای نرخ بهره، نرخ تورم و نرخ توأم پرداخته می شود. روند تغییرات مقدار بهینه مجموع هزینه ها به ازای تغییرات نرخ بهره، نرخ تورم و نرخ توأم در جدول (۲) آمده است. همچنین روند تغییرات در شکل های (۲) تا (۴) نشان داده شده است.

جدول ۲. روند تغییرات مقادیر مجموع هزینه ها نسبت به تغییرات نرخ تورم، نرخ بهره و نرخ توأم

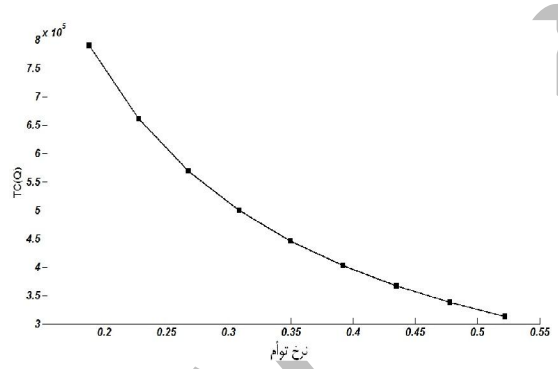
تغییر نرخ تورم با نرخ بهره ثابت= ٪۲۰		تغییر بهره با نرخ تورم ثابت=٪۷		تغییر نرخ توام	
β(٪)	$TC(Q^*)$	α(٪)	$TC(Q^*)$	نرخ توأم (٪)	$TC(Q^*)$
۴	۱۰۸۶۲۰	۱۰	۷۸۹۹۹۰	۱۹	۷۸۹۹۹۰
۵	۱۱۵۲۲۰	۱۴	۲۷۲۴۷۰	۲۲	۶۶۰۸۷۰
۶	۱۲۲۸۸۰	۱۸	۱۶۸۰۱۰	۲۷	۵۶۸۶۳۰
۷	۱۳۱۵۷۰	۲۲	۱۲۲۸۸۰	۳۰	۴۹۹۲۷۰
۸	۱۴۱۷۰۰	۲۶	۹۷۵۱۰	۳۵	۴۴۵۴۵۰
۹	۱۵۳۶۷۰	۳۰	۸۱۲۰۰	۴۰	۴۰۲۲۴۰
۱۰	۱۶۸۰۱۰	۳۴	۶۹۸۷۰	۴۳	۳۶۶۸۷۰
۱۱	۱۸۵۵۲۰	۳۸	۶۱۵۲۰	۴۸	۳۳۷۵۵۰
۱۲	۲۰۷۳۸۰	۴۲	۵۵۱۰۰	۵۲	۳۱۲۵۹۰



شکل ۲. روند تغییرات مجموع هزینه ها نسبت به نرخ تورم (به ازای نرخ بهره ثابت *20%*)



شکل ۳. روند تغییرات مجموع هزینه ها نسبت به نرخ بهره (به ازای نرخ تورم ثابت *7%*)



شکل ۴. روند تغییرات مجموع هزینه ها نسبت به نرخ توأم

همان‌گونه که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، مقدار مجموع هزینه‌ها با افزایش نرخ تورم افزایش می‌یابد. همچنین شکل (۳) نشان می‌دهد که افزایش نرخ بهره موجب کاهش مجموع هزینه ها می‌شود. از سوی دیگر، با توجه به شکل (۴)، نرخ توأم نیز مشابه نرخ بهره اثر معکوس بر روی مقدار مجموع هزینه ها داشته و افزایش آن، مجموع هزینه ها را کاهش می دهد.

۶. نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

اخیراً تلفیق مدل های کلاسیک کنترل موجودی و مباحث کنترل کیفی مورد توجه تعداد زیادی از محققین قرار گرفته است.

www.SID.ir

همچنین وارد کردن ارزش زمانی پول و تورم در مدل های کنترل موجودی جنبه دیگری برای گسترش این مدل‌ها محسوب می شود. در نظر گرفتن ارزش زمانی پول و تورم در مدل های تلفیقی کنترل کیفی و کنترل موجودی در مطالعات صورت گرفته مشاهده نشده است. در این مقاله به بررسی این مسئله یعنی اثر ارزش زمانی پول در مدل اندازه‌ی دسته‌ی تولید با در نظر گرفتن دوباره کاری برای حالت تک محصولی پرداخته شد. برای حل مسئله از الگوریتمی مبتنی بر ترکیب دو روش جستجوی شتابدار و دیکوتوماس به منظور حل مسئله استفاده گردید و اثربخشی مدل با استفاده از یک مثال عددی نشان داده شد.

به عنوان تحقیقاتی آتی می توان به تعمیم مسئله برای حالت چند محصولی، تعمیم مدل با در نظر گرفتن از کارافتادگی ماشین و در نظر گرفتن ارزش زمانی پول و تورم در مدل های مشابه اشاره کرد. همچنین مانند کارهای چونگ و همکارانش [۳۹] و چونگ و هونگ [۴۰]، یافتن حدود بالا و پایین برای نقطه‌ی نزدیک به بهینه‌ی مدل توسعه یافته در این مقاله برای استفاده در روش مقدار میانی به منظور انجام محاسبات عددی، می تواند از جمله کارهای آتی می‌باشد.

مراجع

[۱] مصلحی، ق.، راستی برزکی، م.، تعیین اندازه‌ی دسته‌ی تولید با در نظر گرفتن موجودی در جریان ساخت و ارزش زمانی پول، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت، دانشگاه صنعتی شریف ۱۳۸۵.

[2] Magee, J.F., Boodman, D.M.; *Production Planning and Inventory Control; McGraw-Hill*, New York.1967.

[3] Porteus, E.L., *"Optimal Lot-Sizing Process Quality Improvement and Setup Cost Reduction*", Oper. Res. 34, 1986, pp. 137–144.

[4] Rosenblat, M.J., Lee, H.L., "*Economic Production Cycles with Imperfect Production Processes*", IIE Trans. 18, 48–55, 1986.

[5] Lee, H.L., Rosenblatt, M.J., *"Simultaneous Determination of Production Cycles and Inspection Schedules in a Production System*", Mng. Sci., 33, 1125–1137, 1987.

[6] Fine, C.H., *"A Quality Control Model with Learning Effects"*, Oper. Res., 36, 1988, pp. 437–444.

[7] Hong, J., Xu, S.H., Hayya, J.C., "*Process Quality Improvement and Setup Reduction in Dynamic lot-Sizing"*, Int. J. Prod. Res. 31, 2693–2708, 1993.

[8] Salameh, M.K., Jaber, M.Y., *"Economic Production Quantity Model for Items with Imperfect Quality*", Int. J. Prod. Eco. 64, 59–64, 2000.

[9] CIardenas-BarrIon, LE. *"Observation on: "Economic Production Quantity Model for Items with Imperfect Quality"* [International Journal of Production Economics 64, 59-64]"; Int. J. Prod. Eco. 67, 201 2000.

[10] Papachristos, S., *"Konstantaras I., Economic Production Quantity Model for Items with Imperfect Quality*", Int. J. Prod. Eco. 64, 59–64, 2006.

[11] Goyal, S.K., Cardenas-Baron, L.E.,. *"Note on: Economic Production Quantity Model for Items with Imperfect Quality—a Practical Approach*". Int. J. Prod. Eco. 77, 85–87, 2002.

[12] Hayek, P.A., Salameh, M.K.,. *Production lot Sizing with the Reworking of Imperfect Quality Items Produced*. roduction Planning and Control 12, 584–590 2001.

[13] Chiu, Y.P.,. *Determining the Optimal Lot Size for the Finite Production Model with Random Defective Rate*, the rework process, and backlogging. Engineering Optimization 35 (4), 427–437, 2003.

[14] Chan, W.M., Ibrahim, R.N., Lochert, P.B. *A New EPQ Model: Integrating Lower Pricing, Rework and Reject Situations.* Production Planning and Control 14, 588–595, 2003.

[15] Jamal, A.M.M., Sarker, B.R., Mondal, S., *Optimal Manufacturing Batch Size with Rework Process at a Single-Tage Production System.* Computers & Industrial Engineering 47, 77–89, 2004.

[16] Haji, A., Haji, R., Bijari, M., *The Newsboy Problem with Random Defective and Probabilistic Initial Inventory*. The 36th CIE Conference on Computers and Industrial Engineering,. 3498-3502 2006.

[17] Bijari M. Haji R., The single period problem with stochastic initial inventory, International Journal of Engineering Science, 15 (2), 47-54, 2004.

[18] Flapper, SDP, Jensen, T., *Logistic Planning of Rework with Deteriorating Work-in-Process*. International Journal of Production Economics 88 (1), 51-59, 2004.

[18] Tsou, J.C., *"Economic Order Quantity Model and Taguchi's Cost of Poor Quality*", Applied Mathematical Modeling, 31 (2) 283-291, 2007.

[19] Rasti, M.B., Tsou, J.C., Chen, W.J, *"A New EPQ Model with Continuous Quality Characteristic and Rework"*, Proceeding of Conference on Management, Information and Business, China University of Technology, Taiwan, 1 3-11, 2006.

[20] Fathollah Bayati, M, Rasti Barzoki, M, Hejazi, S.R., *A Joint Lot Sizing and Marketing Model with Reworks, Scraps and Imperfect Products Considerations*, International Journal of Industrial Engineering Computations, 2 395-408, 2011.

[21] Hadley, G., *A Comparison of Order Quantities Computed using the Average Annual Cost and the*

Archive of SID
www.SID.ir

Discounted Cost, management science, 10, 472-476, 1964.

[22] Buzacott, J.A.; *Economic Order Quantities With Inflation*; Operational Research Quarterly, 26, 553-558, 1985.

[23] Jesse, R.R., Mitra, Jr. A., Cox, J.F.; EOQ formula: is it valid under inflationary conditions?. Dec Sci, 14, 370-374, 1983.

[24] Chandra, M.J., Bahner, M.L.; *The Effects of Inflation and the Time Value of Money on Some Inventory Systems*, Int. J. of Pro. Res. 23 (4) 723-730, 1985.

[25] Sarker, B.R., Pan, H.; *Effects of Inflation and Time Value of Money on Order Quantity and Allowable Shortage*, Int. J. Pro. Eco. 34 65-72 1994.

[26] Hooke, R., Jeeves, T.A.; *Direct Search Solution of Numerical and Statistical Problem*; J. Assoc. Comput. Math; 8 212-229, 1961.

[27] Wee, H.M., Law, S.T., *Replenishment and Pricing Policy for Deteriorating Items taking into Account the Time Value of Money*. Int. J. Pro. Eco. 71 213–220, 2001.

[28] Sun, D.N., Queyranne, M.; *Production and Inventory Model using Net Present Value.* Operations Research 50 528–537, 2002.

[29] Grubbstrom, R.W., Wang, Z; *A Stochastic Model of Multi-Level/ multi-Stage Capacity-Constrained Production - Inventory Systems*, Int. J. Pro. Eco, 81-82 483-494, 2003.

[30] Yang, G., Ronald, R.J., Chu, P., *Inventory Models with Variable Lead Time and Present Value*, Eur. J. Opl Res, 164 358-366, 2005.

[31] Moon, I., Chandra, B.G., Ko, B., *Economic Order Quantity Models for Ameliorating/Deteriorating Items Under Inflation and Time Discounting*, Eur. J. Opl Re, 162 773-785, 2005.

[32] Boucher, T.O.; *Lot Sizing in Group Technology Production Systems*, International Journal of Production Research. 22 85-93, 1984.

[33] Kumar Dey, J., Mondal, S.K., Maiti, M., *"Two Storage Inventory Problem with Dynamic Demand and Interval Valued Lead Time over Finit Time Horizon Under Inflation and Time Value of Money*", European Journal of Operational Research, 185, 170-194, 2008.

[34] Mirzazadeh, A., *"Effects of Variable Inflationary Conditions on an Inventory Model with Inflation-Proportional Demand Rate*", Jounal of applied science, 10, 551-557,2010.

[35] Y, Su, D., *"Considering Quality Cost, Time-Value of Money and Process Quality Improvement Function in the Economic Product Quality Model*", Journal of Chinese institute of industrial engineers, 27, 249-259, 2010.

[36] Young, D.; *Modern Engineering Economy*, John Wiley & Sons, Inc., New York.1992.

[37] Rao, S.S., Optimization: Theory and applications, Wiley Eastern, New York. 1984.

[38] Chung, K.J., Lin, S.D., Chu, P., Lan, S.P., *"The Production and Inventory Systems Takeing into Accout of Time Value*", Prod. Plan. & conl, 9, 580-584, 1998.

[39] Huang, Y.F, Chung, K.J., *"A Not on the Production and Inventory Systems Takeing into Accout of Time Value*", Prod. Plan. & conl, 14, 673-675, 2003.

Archive of SID

www.SID.ir