International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2017)

September 2017, Volume 28, Number 1
Pp 139- 148

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

Optimal Pricing and Production System for Integrated Logistics System Under Price Sensitive Uncertainty

Ali Mohammad Maysami, Hamed Salmanzadeh* & Mostafa Salehi

Ali Mohammad Meysami, *Department of Industrial Engineering, K.N.Toosi University of Technology*
Hamed Salmanzadeh, *Department of Industrial Engineering, K.N.Toosi University of Technology*
Mostafa Salehi, *Department of Industrial Engineering, K.N.Toosi University of Technology*

Keywords

Integrated logistics,
Reverse supply chain,
Uncertainty,
Genetic algorithm,
Pricing.

ABSTRACT

We investigate a closed-loop supply chain in this article that manufacturer has two channels for satisfying the demand: producing brand-new products or remanufacturing returned items. There is no difference between brand-new products and returned one so they can be sold at the same market with the same price. In this article, demand has price sensitive uncertainty. Also returns are stochastic and price sensitive too. In addition we define acceptance quality level for acquiring returned products. Therefor a mathematical model developed to maximize total profit of system that determines selling price, production quantity of brand-new products and remanufactured one, acquisition price and minimum acceptance quality level for returned items.

© 2017 IUST Publication, IJIEPM Vol. 28, No. 1, All Rights Reserved

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۱، جلـــد ۲۸، بهار ۱۳۹۶
صفحـــه ۱۴۰-۱۴۸

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران
IJIE
ISSN: 2008-4870

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

سیستم قیمت گذاری و تولید بهینه لجستیک یکپارچه در شرایط عدم قطعیت حساس به قیمت

علی محمد میثمی، حامد سلمان زاده * و مصطفی صالحی

کلمات کلیدی

زنجیره تامین یکپارچه، لجستیک معکوس، عدم قطعیت، الگوریتم ژنتیک، قیمت گذاری.

چکیده:

سیستم زنجیره تامین مورد بررسی در این مقاله حلقه بسته می باشد که تولید کننده برای تامین تقاضا دو راه در اختیار دارد: یکی تولید محصولات جدید و دیگری باز تولید محصولات برگشتی. محصولات باز تولید شده هیچ تفاوتی با محصولات جدید ندارند و می توانند در یک بازار و با قیمت مشترک به فروش بروند. در این مقاله تقاضا دارای عدم قطعیت بوده و وابسته به قیمت فروش است. همچنین بازگشتی ها نیز دارای ماهیت احتمالی بوده و حساس به قیمت اکتسابشان می باشند. به علاوه حداقل سطح کیفیتی برای خرید محصولات برگشتی نیز مدنظر قرار می گیرد. از این رو یک مدل برنامه ریزی ریاضی با هدف ماکزیمم سازی سود کل سیستم ارائه می شود که به طور همزمان به تعیین قیمت فروش، مقدار تولید محصولات جدید و محصولات بازتولید شده، قیمت اکتساب و حداقل سطح کیفیت مورد قبول محصولات برگشتی می پردازد.

۱. مقدمه

با توجه به مقررات و قوانین بین المللی و قوانین حاکم بر مدیریت مواد زائد و پسماندها، مباحث کاهش زباله ها، استفاده مجدد و بازیافت مواد طی دهه های گذشته توجه بیشتری را به خود جلب کرده است. علاوه بر آن، افزایش توسعه صنعت و شهرنشینی باعث افزایش شکاف بین تقاضا و عرضه مواد اولیه شده است. یکی از مزیت های رقابتی پایدار برای کشورها و شرکت ها کاراتر و اثربخش تر کردن فعالیت های زنجیره ی تامین است. یکی از بخش های عمده ی این فعالیت ها که می تواند موجب صرفه جویی بسیار در هزینه ها شود، فعالیت های لجستیکی می باشد. به گفته مظاهری و همکاران [۱] بررسی ها نشان می دهد که کشورهای جهان اول توانسته اند در پنجاه سال اخیر در هزینه های حمل و نقل و موجودی، به عنوان دو بخش اصلی و عمده ی فعالیت های لجستیک، به کاهش های قابل توجهی دست یابند. در همین راستا فلایشمن[۲] برای لجستیک معکوس تعریفی را ارئه داد که بسیار مورد پذیرش قرار گرفته است. لجستیک معکوس فرآیند برنامه ریزی، اجرا و کنترل موثر و کارای جریان برگشتی موثر، ذخیره و انبار کردن کالاهای ثانویه و گزارش دادن اطلاعات، در مقابل زنجیره تامین سنتی به منظور بهبود مقدار، ارزش و دفع مطلوب و مناسب است.

به گفته ی آسوارن و همکاران [۳] در دو دهه ی اخیر بسیاری از شرکت های مهم مانند دل[i]، جنرال موتور[ii]، کداک[iii] و زیراکس[iv] توجه ویژه ای به ساخت مجدد، تعمیرات و به طور کلی احیای محصولات برگشتی (لجستیک معکوس[v]) داشته اند . عوامل محرک شرکتها برای رو آوردن به برنامه ریزی، اجرا و کنترل لجستیک معکوس را می توان در چهار دسته ی اصلی الزامات قانونی، حساسیت های زیست محیطی، سودآوری اقتصادی و در انحصار داشتن تکنولوژی برشمرد.

سازمان ها به هنگام بنا کردن و اجرای سیستم حلقه بسته با چالشهای جدیدی در برنامه ریزی تولید مواجه می شوند. اول

تاریخ وصول: ۹۳/۰۸/۰۳
تاریخ تصویب: ۹۴/۰۲/۰۹

علی محمد میثمی، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیر.
مصطفی صالحی، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیر.
*نویسنده مسئول مقاله: **دکتر حامد سلمان زاده**، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیر.

اینکه تولیدکننده دو کانال برای تامین تقاضا در اختیار دارد: تولید محصولات نو با مواد اولیه و قطعات نو یا تولید مجدد بازگشتی ها با استفاده مجدد از قطعات با عملکرد خوب و جایگزینی قطعات فرسوده. دوم، تقاضا و بازگشت محصولات نا معین هستند، بنابراین تولیدکننده با دو ریسک تولید بیش از حد و کمبود به ترتیب برای محصولات جدید و بازگشتی مواجه است. سوم، ظرفیت تولید و تولید مجدد معمولا محدود است و تعیین سیاست تخصیص بهینه برای ظرفیت محدود دشوار است

برای حل این موضوع، لیستس [۴] یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط احتمالی (SMIP) در صنایع بازیافت شن و ماسه ارائه کرد تا سود کلی را ماکزیمم کنند. آنها مدلشان را برای شرایط مختلف و با توجه به سناریوهای مختلف توسعه دادند. سالما [۵] مدلی احتمالی را برای شبکه حلقه بسته چند محصولی تحت عدم قطعیت در تقاضا توسعه داد و از برنامه ریزی عدد صحیح مختلط احتمالی بهره برد. السید و همکاران [۶] یک مدل SMIP برای طراحی شبکه لجستیک یکپارچه تحت عدم قطعیت در تقاضا و بازگشت بنا نمود که تابع هدف آن ماکزیمم سازی سود کل بود.

برای پی بردن به تاریخچه عدم قطعیت در تقاضا و نرخ برگشتی ها می توان به عنوان مثال به مقاله فلایشمن [۲] رجوع کرد. آنها تحلیلی سیستماتیک برای مسئله کنترل موجودی در شرایطی که برگشتی ها دوباره به ابتدای فرآیند وارد می شوند ارائه کردند. همچنین آنها تقاضا و بازگشت را دارای توزیع پواسون و مستقل فرض نمودند.

عدم قطعیت حساس به قیمت در تقاضا

بخشی از مطالعات پیشین اختصاص به بررسی توسعه سیستم قیمت خرید و بازیابی محصولات داشت. ارس و همکاران [۷] پیشنهاد استفاده از مشوقهایی برای ترغیب مصرف کننده به بازگرداندن محصولات را دادند.

حسن زاده وهمکاران [۸] یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط با تابع هدف مینیمم سازی هزینه کل ارائه کردند. آنها در مدلشان اثر عدم قطعیت در تقاضا و بازگشت را به صورت برنامه ریزی احتمالی (سناریو محور) بررسی کردند.

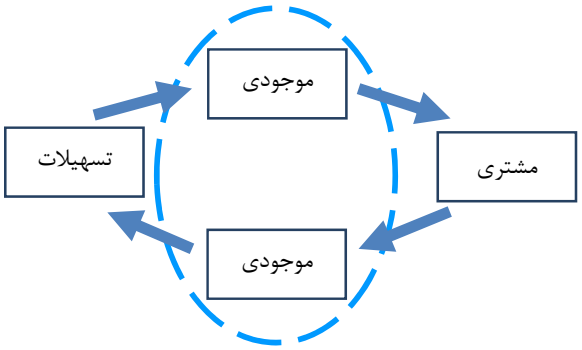
ازکیر و همکاران [۹] مدل چند هدفه ای برای شبکه لجستیک معکوس ارائه کردند که عدم قطعیت های مختلفی را در نظر می گرفت. آنها ارتباط توامان میزان رضایت مصرف کننده و تامین کننده را با قیمت خرید و فروش مدل سازی نمودند.

بنابر مرور ادبیات ذکر شده تاکنون موضوع عدم قطعیت به صورت همزمان در مسیر رو به جلو و معکوس به صورتی که حساس به قیمت های فروش و خرید باشد به شکل جامعی پوشش داده نشده است. همچنین اثر کیفیت محصولات برگشتی که در این پژوهش همراه با سایر پارامترها بر بازگشت محصولات اثر گذار است و تحلیل آن از دیگر ویژگی های بدیع این پژوهش به شمار می رود.

۲. شرح مدل

تولید کننده برای تامین تقاضای مصرف کننده دو گزینه در اختیار دارد:

تولید محصول با استفاده از مواد اولیه جدید و بازتولید محصولات برگشتی از مصرف کنندگان. محصولات بازتولید تولید شده هیچ تفاوتی با محصولات جدید ندارند و می توانند در یک بازار و با قیمت مشابه فروخته شوند، به همین دلیل محصولات بازتولید شده می توانند به خوبی جایگزین محصولات جدید شوند. در فرآیند بازتولید، محصولات دست دومی که قابلیت بازتولید دارند و دارای حداقل کیفیت معینی هستند از مشتریان خریداری شده و به عنوان موجودی قابل بازیابی نگهداری می شوند. سپس محصولات برگشتی مطابق با تقاضا به تسهیلات تولید انتقال می یابند. در تسهیلات تولید، محصولات دست دوم دمونتاژ شده و به دقت بازرسی می شوند و قطعات با کیفیت آنها مجددا استفاده شده در حالی که قطعات بی کیفیت تعویض یا تعمیر می شوند. در نهایت محصولات بازتولید شده مانند محصولات جدید به موجودی تحویل شدنی برای تامین تقاضا انتقال می یابند. همچنین محصولات جدید که با قطعات نو تولید شده اند نیز در موجودی تحویل شدنی نگهداری می شوند. چارچوب مدل در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱. مدل زنجیره تامین یکپارچه مورد نظر

مفروضات مدل

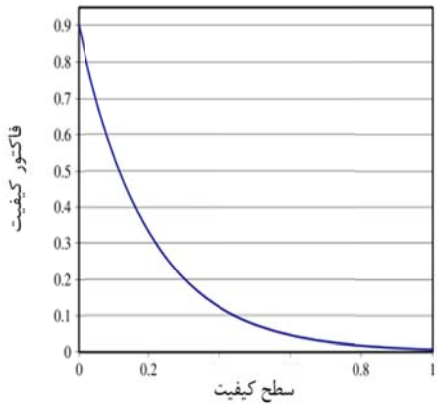
مفروضات زیر برای مدلسازی مسئله تولید و قیمت گذاری مد نظر قرار گرفته اند:

- تقاضا احتمالی و وابسته به قیمت است. ارتباط تقاضا و قیمت به صورت $D(\mathrm{p},\mathrm{u}_d)=\mathrm{D}(\mathrm{p})+u_d$ بیان می شود که رابطه $D(p)=a-bp$ نمایانگر تقاضا مورد انتظار به عنوان تابعی از قیمت فروش است ($b>0$ و $a\geq 0$) و u_d

قسمت احتمالی تقاضاست که دارای تابع احتمال یکنواخت در بازه $[A_d, B_d]$ است. A_d عددی منفی است و این امکان را به دنبال دارد که به ازای برخی مقادیر P سبب منفی شدن مقدار برگشتی ها شود. برای جلوگیری از این موضوع، ارتباط $-a \le A_d$ در هنگام تعیین مقدار A_d مد نظر قرار می گیرد.

- مقدار محصولات برگشتی نیز احتمالی و وابسته به قیمت خرید و سطح کیفیت مورد نظر برگشتی هاست.

رابطه میان برگشتی ها، قیمت خرید و سطح کیفیت قابل قبول به صورت $R(p_r, u_r) = [R(p_r) q_a] + u_r$ نشان داده می شود که $R(p_r) = \alpha + \beta p_r$ قیمت خرید محصولات برگشتی است و p_r مقدار مورد انتظار برگشتی ها با توجه به قیمت خرید آنهاست ($\beta>0$ و $\alpha \ge 0$). پس از تعیین سطح کیفیت قابل قبول برگشتی ها رابطه آن به صورت $q_a = \lambda e^{-\varphi q}$ بیان می شود ($\varphi>1$ و $0<\lambda<1$). هر چه سطح کیفیت قابل قبول کاهش (افزایش) یابد، مقدار برگشتی های قابل قبول افزایش (کاهش) می یابد. تغییرات فاکتور کیفیت (q_a) با پارامترهای $\varphi=5$ و $\lambda=0.9$ در شکل (۲) زیر نمایش داده می شود.



شکل ۲. نمودار تغییرات مقدار فاکتور کیفیت با سطوح کیفیت ($\lambda=0.9$ و $\varphi=5$)

رابطه u_r که برای بیان ماهیت احتمالی بازگشتی ها به کار می رود یک مقدار احتمالی یکنواخت از بازه $[A_r, B_r]$ است. A_r عددی منفی است و این امکان را به دنبال دارد که به ازای برخی مقادیر P_r سبب منفی شدن مقدار برگشتی ها شود. برای جلوگیری از این موضوع، ارتباط $-\alpha \le A_r$ در هنگام تعیین مقدار A_r مد نظر قرار می گیرد.

- برنامه ریزی برای یک دوره صورت می گیرد، بنابراین تقاضا و بازگشت از هم مستقل فرض شده اند.

مدل

در مدل پیش رو از نمادهای زیر استفاده شده است:

C_p: هزینه تولید محصول جدید

C_r: هزینه بازتولید محصول برگشتی

S: هزینه نگهداری محصولات تولیدی (جدید و قدیم)

g: هزینه کمبود محصول تولیدی (جدیدو قدیم)

h<Cr: هزینه نگهداری محصول برگشتی

K: ظرفیت تولید و باز تولید محصول

q: سطح کیفیت قابل قبول برگشتی ها

هزینه بازتولید محصولات برگشتی C_r کلیه هزینه های بازتولید شامل جداسازی، بازرسی، تضمین کیفیت، بازتولید، جایگزینی قطعات مستعمل و سایر هزینه های مدیریتی می باشد اما هزینه خرید محصولات برگشتی را شامل نمی شود.

هزینه تولید C_p مجموع تمام هزینه های مرتبط با تولید محصولات جدید مانند هزینه مواد، قطعات، تولید و سایر هزینه های مدیریتی می باشد.

متغیرها

P: قیمت فروش محصولات تولیدی (جدید و قدیم)

P_r: قیمت خرید محصولات برگشتی

X_p: تعداد محصولات تولیدی جدید

X_r: تعداد محصولات بازتولید شده (قدیمی)

$$Z_r = X_r - [(\alpha + \beta P_r)\lambda e^{-\varphi q}]$$

$$Z_d = X_t - (a + b P)$$

$$X_t = X_p + X_r$$

به منظور امکان مدل سازی و حل عدم قطعیت احتمالی موجود در مدل، از دو متغیر Z_r و Z_d مانند پژوهش شی و همکاران [۹] که حاصل یک تغییر متغیر می باشند، بهره بردیم.

$$\max Z = \int_0^{Z_d} [P(a - bP + U_d) - S(Z_d - U_d)](P/1000)e^{-(P/1000)U_d} dU_d$$

$$+ \int_{Z_d}^{\infty} [P(a - bP + Z_d) - g(U_d - Z_d)](P/1000)e^{-(P/1000)U_d} dU_d]$$

$$+[-C_p X_p - (C_r + P_r)X_r - \int_{Z_r}^{B_r} (h_r + P_r)(U_r - Z_r)(1/B_r - A_r)dU_r]$$

$$X_p + X_r = X_t$$

$$X_r = [(\alpha + \beta P_r)\lambda e^{-\varphi q}] + Z_r$$

$$X_t = a - bP + Z_d$$

$$0 \le Z_d < \infty$$

$$A_r \le Z_r \le B_r$$

$$X_p + X_r \le k$$

$$X_p, X_r, P, P_r \ge 0$$

در تابع هدف، عبارت اول نشان دهنده سود مورد انتظار منهای هزینه نگهداری محصول نهایی در حالتی است که تقاضا کمتر از میزان تولید باشد. عبارت دوم در تابع هدف، عبارت اول نشان دهنده سود مورد انتظار منهای هزینه
نگهداری محصول نهایی در حالتی است که تقاضا کمتر از میزان تولید باشد.
عبارت دوم نشان دهنده میزان سود منهای هزینه کمبود در حالتی است که تقاضا بیشتر از میزان تولید باشد. عبارت سوم بیانگر هزینه تولید محصولات جدید، و عبارت چهارم هزینه تولید محصولات بازتولید شده و هزینه اکتساب آنها است. عبارت نهایی هزینه نگهداری مورد انتظار برای محصولات بازتولید شده است که مجموع هزینه نگهداری و اکتساب آنهاست.
همانند جیانمای شی و همکاران [۱۰]، هزینه کمبود محصولات دست دوم در تابع هدف در نظر گرفته نمی شود.
محدودیت (۲) اطمینان حاصل می کند که تعداد تولید برابر مجموع محصولات جدید تولیدی و محصولات بازتولید شده است.
محدودیت (۳) ارتباط میان تعداد محصولات بازتولید شده با قیمت اکتساب آنها را نشان می دهد. محدودیت (۴) بیانگر ارتباط میان کل محصولات تولیدی و قیمت فروش است. محدودیت (۵) و (۶) محدوده تغییرات متغیر های Z_d و Z_r را مشخص می کنند.

۳. روش حل

از آنجایی که در مدل ارائه شده توسعه یافته مدل شی و همکاران [۱۰] می باشد و آن ها بیان نموده اند که حل این مساله دارای پیچیدگی سخت بوده و امکان یافتن جواب آن به صورت ساده میسر نیست، لذا مدل پیش رو را نیز نمی توان به سادگی حل نمود. بنابر این از الگوریتم ژنتیک برای حل آن بهره می بریم. در ادامه به پاره ای ویژگی های GA اشاره می نماییم (کانن و همکاران [۱۱]):

- با کدینگ پارامترهای مدل سر و کار دارد نه با خود آنها
- در میان جمعیتی از نقاط جست و جو می کند نه در بین نقاط منفرد
- از اطلاعات تابع برازندگی بهره می برد نه از اطلاعات قطعی
- از قواعد احتمالی بهره می برد نه قوانین معین

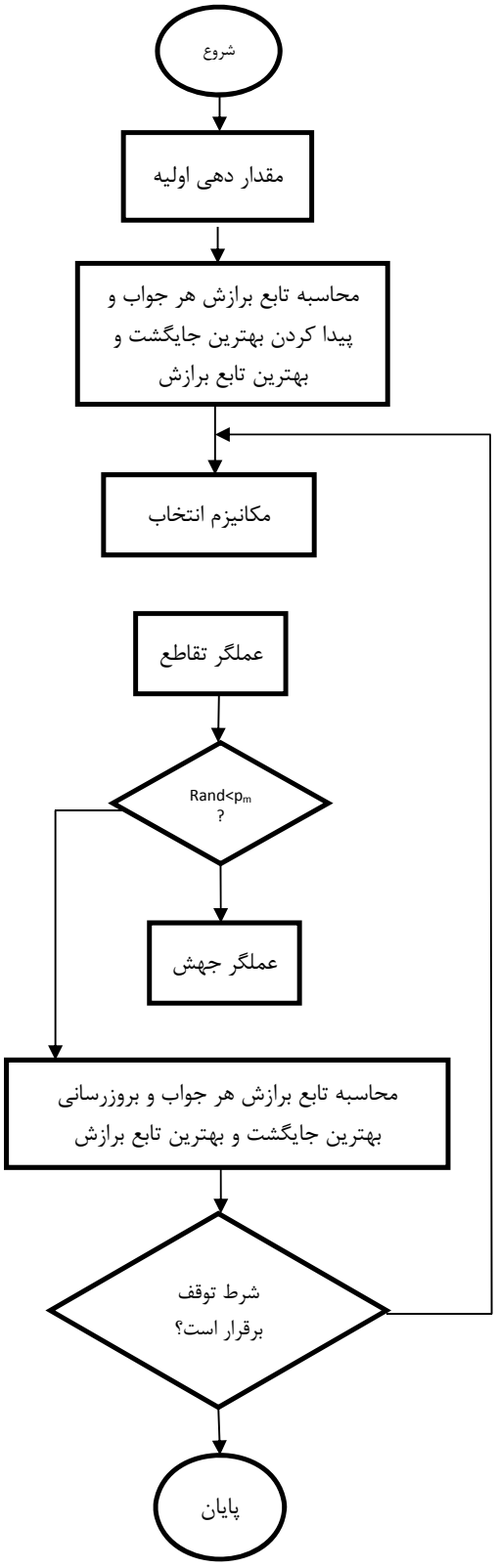
GA از یک عملگر جست و جوی محلی در قالبی رو به رشد بهره می برد که توسط هولاند در سال ۱۹۷۵ ارائه گردید [۱۲]. به همین دلیل احتمال به تله افتادن آن در مینیمم های محلی، پایین است. این الگوریتم بر مبنای مکانیسم انتخاب طبیعی و تولید مثل، جهت یک جست و جوی تصادفی ولی جهت دار از میان فضای تصمیم گیری، برای یافتن راه حل های بهینه جامع، استوار است. فلوچارت کلی الگوریتم ژنتیک به ترتیب شکل (۱) است.
راههای بسیار زیادی برای سنجش معیارهای هدف به منظور اندازه گیری میزان مطلوبیت جواب ها وجود دارد. همچنین تعداد بیشماری روش برای تولید نسل و جهش موجود است. با این حال برای بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک، مراحل زیر مشترک می باشد:
شروع: تولید جمعیت اولیه به صورت تصادفی
ارزیابی: محاسبه مقدار مطلوبیت که معیاری است برای بیان اینکه کدام یک از اعضا تابع هدف بهتری دارند.

انتخاب والدین: انتخاب جفت از اعضا به گونه ای که اعضای با مطلوبیت بیشتر تکثیر شوند

تولید مثل: تولید فرزندان از هر جفت والدین. هر والد بخشی از ژن خود را به فرزند انتقال می دهد.

جهش: به صورت تصادفی اطلاعات تعداد اندکی از فرزندان تغییر داده می شود.

هر بار طی شدن کامل مراحل بالا منجر به تولید یک نسل می گردد.



شکل ۳. فلوچارت الگوریتم ژنتیک

عملگر تقاطع

یکی از عواملی که پدید آورنده تحول در موجودات و بوجودآورنده افراد متفاوت یک‌گونه است، عمل تقاطع است. در عمل تقاطع طبیعی کروموزوم های همتا با یکدیگر جفت شده، ژنهایی بین آن دو مبادله می‌شود. این موضوع باعث می شود که فرزندان ترکیبی از خصوصیات والدین خود را به همراه داشته و دقیقا مشابه یکی از والدین نباشند. هدف، تولید فرزندان جدید است به این امید که افراد بهتری تولید شوند. تقاطع به کار رفته در این پژوهش به صورت گام های زیر است:

گام اول: انتخاب دو عضو جامعه که دارای رتبه بهتری با توجه به تابع برازندگی هستند، به عنوان والد (x_1 و x_2)

گام دوم: تولید یک عدد تصادفی (α)

گام سوم:

$$y_1 = \alpha.x_1 + (1-\alpha)x_2$$
$$y_2 = \alpha.x_2 + (1-\alpha)x_1 \quad (۸)$$

عملگر جهش

یکی دیگر از عوامل تحول‌زا در موجودات، جهش می‌باشد. پس از اتمام عمل آمیزش، عملگر جهش بر روی کروموزوم ها اثر داده می‌شود. این عملگر یک ژن از یک کروموزوم را به طور تصادفی انتخاب نموده و سپس محتوای آن ژن را تغییر می‌دهد. اگر ژن از جنس اعداد دودویی باشد، آن را به وارونش تبدیل می‌کند و چنانچه متعلق به یک مجموعه باشد، مقدار یا عنصر دیگری از آن مجموعه را به جای آن ژن قرار می‌دهد. پس از اتمام عمل جهش، کروموزوم‌های تولید شده به عنوان نسل جدید شناخته شده و برای دور بعد اجرای الگوریتم ارسال می‌شوند. عملگر جهش این پژوهش به شرح زیر است:

گام اول: انتخاب یک عضو جمعیت به صورت تصادفی

گام دوم: انتخاب تصادفی چند مورد از متغیرهای مسئله

گام سوم:

یک عدد تصادفی است :Sigma

$$Y(i) = X(i) + \text{sigma} * \text{random}(\text{size}(x)) \quad (۹)$$

۴. مثال عددی

یک مثال عددی برای مشاهده عملکرد بهینه سازی و روشن شدن ویژگی های مدل ارائه می گردد. پارامترهای مدل بدین صورت است:

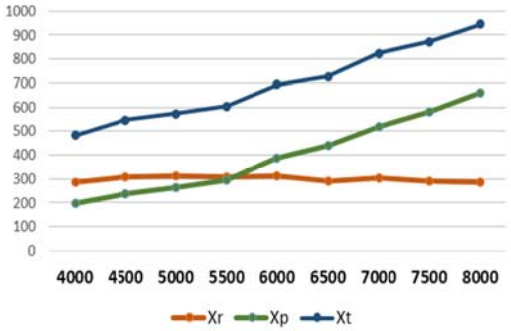
پارامترهای مدل را براساس مثال ارائه شده توسط شی و همکارانش (۲۰۱۱) تنظیم نمودیم. بر این اساس پارامترها به شرح زیر اند:

پارامترهای مسیر رو به جلو عباتند از اندازه بازار (a) برابر ۷۰۰۰ و شیب خطی آن با قیمت فروش (b) برابر ۲۰ در نظر گرفته شد. هزینه نگهداری (s) ۶۰ و هزینه کمبود (g) برابر با ۱۰۰ می باشد. همچنین هزینه تولید محصولات جدید (C_p) برابر ۱۱۰ است. همچنین بخش احتمالی تقاضا دارای توزیع یکنواخت (۱۰۰۰و ۱۰۰۰-) است. در مسیر برگشت نیز پارامترها از این قرارند: اندازه برگشتی ها (α) برابر یک دهم تقاضا و ۱۰۰ است. شیب برگشتی ها و قیمت اکتساب (β) برابر ۴۰، هزینه بازتولید (C_r) برابر ۵۰ و هزینه نگهداری برگشتی ها (H) برابر ۲۰ است. همچنین بخش احتمالی برگشتی ها نیز دارای توزیع یکنواخت از بازه (۲۰۰و ۲۰۰-) است. پارامتر های کیفیت هم که پیش تر ذکر شدند برابر $\varphi = 5$ و $\lambda = 0.9$ است. حداقل سطح کیفیت مورد قبول محصولات برگشتی برابر ۴۰ درصد در نظر گرفته شده است.

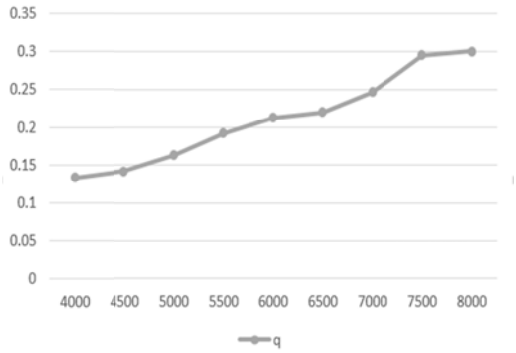
برای اطمینان از ارزیابی های صورت گرفته با هر بار تغییر پارامترها ۵ مرتبه خروجی الگوریتم ژنتیک مورد بررسی و مقایسه قرار می گیرد. همچنین ظرفیت تولید ۱۰۰۰ واحد در نظر گرفته شده.

سیاست برنامه ریزی تولید بر اساس اندازه بازار

از آنجایی که عدم قطعیت های موجود در این مدلسازی سبب تغییرات نتایج می شوند بر آنیم تا عملکرد آنها را در شرایط مختلف ارزیابی کنیم و پاسخ مدل را بررسی نماییم. از این طریق می توان به اثرات خطا در برآورد پارامترهای مرتبط با عدم قطعیت پی برد. از آنجا که بیشترین اثرات ناشی از تغییرات تقاضا می باشد از این رو تغییرات نتایج در مواجهه با تغییرات تقاضا را بررسی می نماییم. در ابتدا تغییرات سیاست تولید را در برابر تغییرات اندازه بازار (a) بررسی می نماییم. همانطور که در شکل شماره (۴) نشان داده شده است، با افزایش اندازه بازار کل مقدار تولید افزایش می یابد هر چند که تعداد محصولات بازتولید شده تقریبا ثابت است و تعداد محصولات تولیدی جدید افزایش بیشتری دارد. با توجه به روند کاهش محصولات تولیدی جدید، با کاهش اندازه بازار، سیاست بازتولید به صورت کامل جایگزین سیستم ترکیبی می شود. همچنین با توجه به شکل شماره (۵) حداقل کیفیت مورد قبول برای محصولات برگشتی با افزایش اندازه بازار افزایش می یابد. این امر نشان دهنده این است که با بزرگ شدن اندازه بازار، کیفیت بهتری از محصولات برگشتی مورد انتظار می باشد، حال آنکه تعداد آنها چندان دستخوش تغییر نمی شود. همچنین ماهیت هزینه های برگشتی ها به گونه ای است که افزایش آنان تا یک مقدار حدی سبب برابری هزینه آنها با تولید محصول جدید می گردد که با توجه به اثر پارامترهای کیفیت و قیمت بر بازگشتی ها، تعداد آنها با شیب کمی افزایش می یابد. این موضوع در ادامه بیشتر توضیح داده می شود.



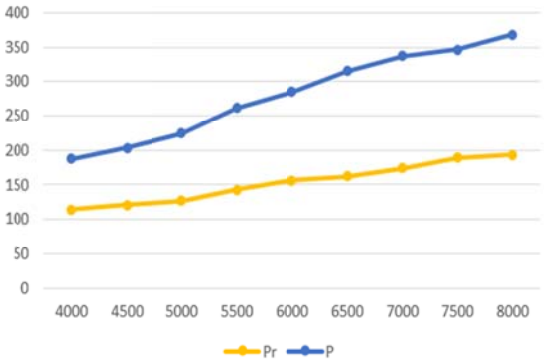
شکل ۴. تغییرات برنامه تولید با اندازه بازار



شکل ۵. تغییرات حداقل سطح کیفیت با اندازه بازار

سیاست قیمت گذاری بر اساس اندازه بازار

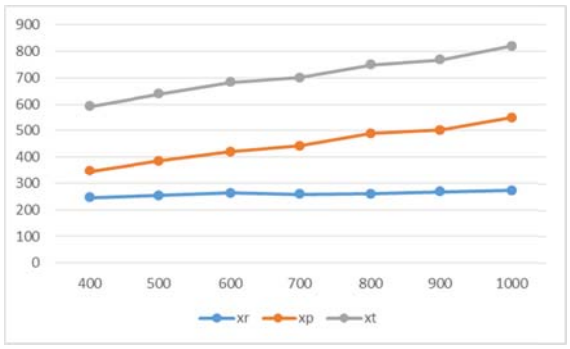
با افزایش اندازه بازار، تولید کننده هم تعداد محصول بیشتری تولید می کند و هم آنها را با قیمت بیشتری می فروشد. همانطور که در شکل شماره (۶) نشان داده شده، قیمت اکتساب محصولات دست دوم نیز همزمان با افزایش حداقل کیفیت مطلوب افزایش می یابد هرچند که شیب تند تر افزایش قیمت فروش به همراه تعداد کل محصولات تولیدی سبب افزایش زیادی در سود کل سیستم می گردد.



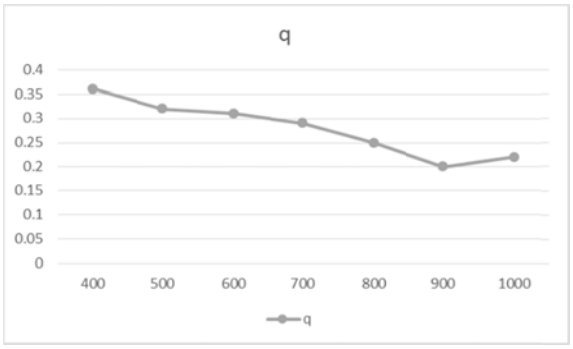
شکل۶. تغییرات قیمت گذاری با اندازه بازار

سیاست برنامه ریزی تولید بر اساس عدم قطعیت تقاضا

با افزایش محدوده تغییرات عدم قطعیت تقاضا (با افزایش طول بازه متغیر یکنواخت)، همانطور که در شکل شماره (۷) نشان داده شده است، تعداد تولیدات محصولات جدید و تولید کلی افزایش می یابد در حالی که تعداد محصولات بازتولید شده تقریبا ثابت باقی می ماند. باتوجه به شکل شماره (۸) در می یابیم که حداقل کیفیت قابل قبول محصولات برگشتی نیز کاهش می یابد. این امر بدین صورت توجیه می گردد که با توجه به عدم قطعیت موجود در تقاضا و ثابت ماندن تعداد محصولات برگشتی مورد خریداری شده، حد اقل کیفیت کاهش می یابد تا از تامین این تعداد محصول برگشتی اطمینان حاصل گردد تا در صورت نیاز به تولید بیشتر بتوان از آنها بهره برد. توجه به ارتباط هزینه های موجودی در این سیستم نکته ای را فرا روی تحلیل وضعیت مشاهده شده قرار می دهد. هزینه کمبود کالا بیشترین مقدار و هزینه نگهداری محصولات دست دوم کمترین مقدار است.



شکل ۷. تغییرات برنامه تولید با عدم قطعیت بازار

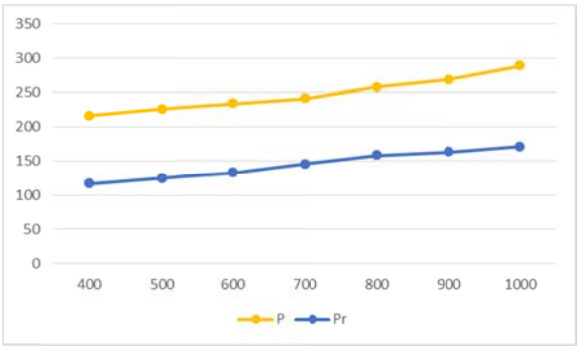


شکل ۸. تغییرات حداقل سطح کیفیت با عدم قطعیت بازار

سیاست قیمت گذاری بر اساس عدم قطعیت تقاضا

با مشاهده شکل شماره (۹) مشخص می شود که با افزایش عدم قطعیت، قیمت فروش محصولات نهایی و قیمت اکتساب محصولات دست دوم، به صورت همزمان و با شیب تقریبا برابر افزایش می

یابند. در چنین شرایطی این امر نشان می دهد که با افـزایش عـدم قطعیت در تقاضا، برای بهینه سازی سیستم توصـیه مـی شـود کـه اطمینان را در مورد بازگشت افزایش داده تا بتوان بخشی از ریسـک عدم اطمینان به وجود آمده در تقاضا را کاهش داد.



شکل ۹. تغییرات قیمت گذاری با عدم قطعیت بازار

۵. نتیجه گیری

در این پژوهش سعی شده بود تا با در نظر گرفتن شبکه رو به جلـو و معکوس سیستمی یکپارچـه را از دیـدگاه برنامـه ریـزی تولیـد و قیمت گذاری مورد بررسی قرار دهیم. از این رو مدلی ریاضی بـرای محاسبه مقادیر بهینه تولید محصولات جدید و دست دوم به همراه قیمت فروش و اکتساب آنها با در نظر گـرفتن عامـل مهـم کیفیـت توسعه داده شد. با در نظر گرفتن تمامی این پـارامتر هـا تـلاش در حداکثر سازی سود کل سیستم صورت گرفت. در ادامه الگـوریتمی فراابتکاری بر مبنای الگوریتم ژنتیک برای دستیابی به پاسخ مسئله مورد استفاده قرار گرفت.

تحلیل های حاصله نشـان داد در صـورتی کـه انـدازه بـازار خیلـی کوچک باشد، سیاست بهینـه بازتولیـد محصـولات اسـت و در ایـن صورت نیازی به تولید محصولات جدید نیست. این امر را بیشـتر در دوره افول محصولات در طول چرخه عمر می تـوان مشـاهده کـرد که با کاهش حجم تولید و بازتولید صرف می توان انـرژی بیشـتری را صرف توسعه محصولات آتـی و جدیـدتر نمـود. از دیگـر سـو بـا افزایش اندازه بازار روند رو به رشدی را در تولید محصـولات جدیـد شاهد بودیم که این امر نشان دهنده حساسیت شدید میزان تولیـد محصول جدید به اندازه بازار است. هم چنین سیاست قیمت گذاری نیز در این حالت بیان گر تـاثیر پـذیری شـدیدتر قیمـت فـروش از اندازه بازار است. علاوه بر این حداقل کیفیت قابل قبول محصـولات برگشتی نیز با افزایش اندازه بازار افزایش می یابد هر چند که تعداد آنها تغییر چندانی نمی کند. اثرات تغییر در عدم قطعیت تقاضا نیـز مورد بررسی قرار گرفت که باز هم نشان دهنـده حساسـیت شـدید تعداد محصول تولیـدی جدیـد بـه آن بـود. در ایـن حالـت قیمـت اکتساب و فروش تقریبا رفتاری مشابه به هم داشتند.

مدل حاضر و رویکرد مطالعه سیسـتم لجسـتیک یکپارچـه در ایـن مقاله ارائه گردید، با این حال برای ایجـاد دیـدگاه جـامع تـری بـه موضوع قیمت گذاری و برنامه ریزی تولید می توان اثرات متقابـل و وابستگی میان تقاضا و بازگشت را نیز مـورد مطالعـه قـرار داد. هـر چند که در این پـژوهش ایـن دو مسـتقل فـرض شـده بودنـد امـا وابستگی میان آنها نیز می تواند مورد بررسی قرار بگیرد.

همچنین توجه به انواع روشهای دیگـر بـرای چرخـه معکـوس کـه شامل دفع، تعمیر، بازیافت و سایر روشهاست می تواند مـورد توجـه قرار گیرد. به علاوه می تـوان مسـئله اخـتلاف کیفیـت محصـولات بازتولید شده با محصولات نو و عرضه آنها با قیمتی پایین تر را نیـز در مدل سازی اعمال نمود. در کنار این مسـائل توسـعه تمـام ایـن ویژگی ها به سیستم های چند محصولی نیز جای بررسی دارد.

پی نوشت

1. Dell
2. General Moors (GM)
3. Kodak
4. Xerox
5. Reverse Logistics

مراجع

[۱] مظـاهری،علی.، کرباسـیان،مهدی.، سجادی،سـید مجتبـی.، شـیرویه زاد،هـادی.، عابدی،سـعید.، " ارائـه مـدلی جهـت بهینـه سـازی زنجیـره تـامین یکپارچـه بـا اسـتفاده از روش برنامـه ریـزی تصـادفی چنـد هدفـه"، نشـریه بـین المللـی مهندسی صـنایع و مـدیریت تولیـد دانشـگاه علـم و صـنعت ایران، (۱۳۹۳)، جلد ۲۵، شماره۲، صفحه ۱۸۶-۲۰۴.

[2] Fleischmann M, Beullens P, Bloemhof-ruwaard JM, Wassenhove L. “The impact of product recovery on logistics network design”, Production and Operations Management, (2001), Vol. 10, pp.156–73.

[3] Üster H,Easwaran G, ElifAkc- ali E, SilaC-etinkaya S. “Benders decomposition with alternative multiple cuts for a multi-product closed-loop supply chain network design model”, Naval Research Logistics, (2007), Vol. 54, pp. 890–907.

[4] Listes O, Dekker R., A. “stochastic approach to a case study for product recovery network design”, European Journal of Operational Research, (2005), Vol. 160, pp. 268–287.

[5] Salema MIG, Barbosa-Povoa AP, Novais AQ. "An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty", European Journal of Operational Research, (2007), Vol. 179, pp. 1063–77.

[6] EI-Sayed. M, N. A., El- Kharbotly. A. "A stochastic model for forward-reverse logistics network design under risk", Computers & Industrial Engineering, (2011), pp. 423-431.

[7] Aras N, Aksen D, Tanugur AG. "Locating collection centers for incentive- dependent returns under a pick-up policy with capacitated vehicles", European Journal of Operational Research, (2008), Vol. 191, No. 3, pp. 1223–1240.

[8] Hassanzadeh Amin, Zhang Guoqing. "A multi-objective facility location moel for closed-loop supply chain network under uncertain demand and return", Applied Mathematical Modelling, (2013), Vol. 37, pp. 4165-4176.

[9] Ozkir Vildan, Basligil Huseyin. "Multi-objective optimization of closed-loop supply chains in uncertain environment", Journal of Cleaner Production, (2013), Vol. 41, pp. 114-125.

[10] Shi Jianmai, Zhang Guoqing, Sha Jichang. "Optimal production and pricing policy for a closed loop system", Resouurce, Conservation and Recycling, (2011), Vol. 55, pp. 639-647.

[11] Kannan G, Sasikumar P, Devika K. "A genetic algorithm approach for solving a closed loop supply chain model: A case of battery recycling", Applied Mathematical Modelling, (2010), Vol. 34, pp. 655-670.

[12] Holland, J.H. "Adaptation in natural and artificial systems", university of Michigan Press Ann Arbor Michigan, (1975).