فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال پانزدهم، شماره ۴۶، پاییز ۹۶
صفحات ۱۸۱-۱۵۷

ارائه یک مدل چند هدفه لجستیک معکوس با درنظرگرفتن تخفیف

مریم عزیزی [*]، ابوالفضل کاظمی [**]، علیرضا علی نژاد [***]

تاریخ دریافت:۹۳/۱۱/۲۹
تاریخ پذیرش:۹۴/۹/۱۹

چکیده

رویکرد و نگرش جدیدی پیرامون موضوع لجستیک تحت عنوان لجستیک معکوس به وجود آمده است که یکی از گرایش‌های جدید در مدیریت لجستیک، بازیافت[1]، چرخه مجدد[2] و یا استفاده مجدد از محصولات است. طراحی شبکه لجستیک در حالت رو به جلو و معکوس از موضوعات بسیار مهمی است که بعد استراتژیک طراحی زنجیره تامین را تشکیل می دهد. در این مقاله، برای مسئله لجستیک معکوس یک مدل ریاضی برنامه ریزی مختلط عددصحیح (MILP) ارائه شده است. در این مدل هزینه های احداث مراکز، هزینه های حمل و نقل و هزینه های خرید از تامین کننده خارجی کمینه و همچنین اهمیت تامین کنندگان خارجی نیز بیشینه گردیده است. با توجه به اینکه مدل پیشنهادی Np-hard می باشد، لذا جهت حل مدل از الگوریتمهای NSGA-II و NRGA استفاده شده است.

واژگان کلیدی: *زنجیره تأمین، لجستیک معکوس، مدل چندهدفه، شرایط عدم قطعیت، تخفیف.*

[*] کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات قزوین، قزوین، ایران
[**] استادیار گروه مهندسی صنایع ، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین ، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین،ایران
(نویسنده مسئول) . abkaazemi@qiau.ac.ir
[***] دانشیار گروه مهندسی صنایع ، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین ، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین،ایران

1-Recovery
2-Recycling

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

لجستیک معکوس، حرکت اقلام برگشتی در خلاف جهت عادی کالاها، در سیستم لجستیک است. این موضوع، علاوه بر پوشش دادن انواع اقلام برگشتی، طرق مختلف بازیافت و پاکسازی مواد زاید را از فرآیندهای تولید، توزیع و بسته بندی، نیز در بر می گیرد. وقتی مواد زاید، در تولید محصولات دیگر قابل استفاده نباشند، باید به طریقی آنها را دفع کرد. همچنین تمام محصولات فرعی تولید، باید توسط فرآیند لجستیک به صورت کارا و اثر بخش، جابجا، حمل و نقل و نگهداری شوند. لجستیک معکوس، به مشتریان اطمینان می دهد که انعطاف پذیری تولید کننده در برابر تقاضای آنها افزایش یافته و اقلام برگشتی آسان تر پذیرفته می شوند و نیز نشان دهنده اهمیت یافتن بازیافت و سایر موضوعات مرتبط بامحیط زیست در نزدتولید کننده و لجستیک پشتیبان آن است(غضنفری و فتح اله، ۱۳۸۵).

تامین کنندگان خارجی یکی از اعضای مهم لجستیک های معکوس و شبکه های حلقه بسته زنجیره تامین هستند.اگرچه درمدل های شبکه CLSC[1]، تامین کنندگان براساس هزینه خرید ارزیابی می شوند و دیگر فاکتورهایی نظیر تحویل به موقع نادیده گرفته می شوند. تامین کننده قیمت تخفیفات را روی کمیت یا تنوع محصولات خریداری شده از آنها اختصاص نمی دهد بلکه روی کل حجم کسب وکار ارائه می دهد. معمولاً تامین کنندگان برای تشویق خریداران برای خرید بیشتر از آنها تخفیف را در مقدار خرید لحاظ می کنند. در این صورت، خریدار باید در مورد میزان سفارش به هر تامین کننده تصمیم بگیرد (Amid, 2006). دلیل استفاده از طرح های تخفیفاتی، ناشی از این حقیقت است که خریداران به خرید مقادیر بیشتر تشویق شوند و هزینه های شبکه کاهش یابد. خریداران باید تصمیم بگیرند که چه مقدار سفارش به هر تامین کننده تخصیص دهند تا از تخفیفات پیشنهادی آنها بهره مند شوند. درواقع هزینه کل خرید تنهابستگی به قیمت واحد اقلام دارد و قیمت مجازاقلام معمولادرطرح های تخفیفی می تواند دیده شود. در مطالعات مربوط در این زمینه دیده شده که تامین کنندگان انواع گوناگونی از مدل های تخفیف را ارائه می دهند، بنابراین مسئله انتخاب تامین کننده چند

1-Close Loop Supply Chain

Archive of SID

www.SID.ir

هدفه با در نظر گرفتن تخفیف پیچیده تر می شود. معمولا دو نوع از تخفیف، تخفیف کلی و تخفیف نموی جهت کاهش قیمت بیشتر استفاده می شود (Benton, 1996).

هدف از این تحقیق ارائه یک مدل دو هدفه در لجستیک معکوس و زنجیره تامین حلقه می باشد و نیز با توجه به اینکه این نوع مسائل به دلیل پیچیدگی در محدودیتها و متغیرهای مسئله، در مجموعه مسائل NP-Hard قرار می گیرند، لذا برای حل این مدل پیشنهادی از الگوریتم های فراابتکاری استفاده شده است. در این تحقیق، یک شبکه لجستیک معکوس ارائه می گردد که شامل مراکز برگشت، دمونتاژ، نوسازی، تولید، بازیافت و دفع است. برای این منظور یک مدل برنامه ریزی خطی چند هدفه عدد صحیح مختلط پیشنهاد می شود که در آن به کمینه سازی هزینه ها اعم از احداث تسهیلات و حمل و نقل و خرید که در مواقع لزوم از تامین کننده خارجی با در نظرگرفتن تخفیف صورت می پذیرد، پرداخته خواهد شد و سپس مدل حاضر با استفاده ازالگوریتمهای فراابتکاری حل می شود.

بقیه مقاله به صورت زیرسازماندهی شده است: ابتدادربخش دوم به مروری جزئی برمطالعات انجام شده پرداخته می شود. دربخش بعد، تعریف مسئله بیان می‌شود و در ادامه، مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه ارائه می‌گردد. در بخش پایانی نیز، یک مثال عددی ونتایج آورده می شود.

مرور ادبیات و پیشینه تحقیق

تغییرات و تحولات عمیق در دنیای کسب و کار و الزامات جدید تولید و تجارت در عصر کنونی، زمینه ظهور و بروز نگرش‌ها و پارادایم‌های جدیدی را فراهم ساخته است که باید مورد توجه دست اندرکاران عرصه تولید و تجارت قرارگیرد. در همین راستا، رویکرد و نگرش جدیدی پیرامون موضوع لجستیک تحت عنوان لجستیک معکوس به وجود آمده است. براین اساس دسته‌بندی محصولات مرجوعی در سال۲۰۰۲ توسط Fleischmann و روش‌های اصلی قابل انتخاب برای بازیابی نیز توسط Thierry وهمکاران در سال ۲۰۰۴، صورت گرفت که در انتها چهار نوع اصلی از شبکه‌های پایه R.L را در یک تقسیم‌بندی

Archive of SID

www.SID.ir

جامع ارائه کردند: شبکه مستقیم بازیابی محصولات قابل استفاده (DRN) ، شبکه نوسازی یا تولید دوباره (RMN)، شبکه خدمات تعمیرات (RSN) و شبکه بازیافت (RN).

سال ۱۹۹۹، Jayaraman و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح آمیخته را برای طراحی شبکه لجستیک معکوس ارائه کردند که هدف از آن در این تحقیق، حداقل‌سازی هزینه می‌باشد. در این مقاله، تنها به فعالیت‌های مربوط به احیای محصولات برگشتی پرداخته شده که هدف از آن، طراحی یک سیستم کششی بر اساس تقاضای مشتریان است (Jayaraman V. S., 1999).

Fleicchmann و همکاران در سال ۲۰۰۰ عنوان نمودند که غیر قطعی بودن یک ویژگی مهم بازیافت محصول است (Fleischmann M. H., 2000). تقاضای غیر قطعی و عدم قطعیت در نوع و مقدار محصولات بازگشتی مهم ترین فاکتور هستند که باید در طراحی شبکه های لجستیک معکوس و زنجیره تأمین حلقه بسته در نظر گرفته شوند.در تمامی مدل‌های لجستیک معکوس، فعالیت‌های تولید مجدد و استفاده مجدد، مرمت و تعمیر و نیز بازیافت از فعالیت‌های عمده به شمار می‌روند.

لی و همکاران در سال ۲۰۰۹ یک مدل ریاضی سیستم تولید مجدد را به صورت مدل شبکه لجستیک معکوس چندمرحله ای، چندمحصولی برای کمینه سازی کل هزینه های حمل و نقل لجستیک معکوس و هزینه ثابت احداث مراکز دمونتاژ و مراکز پردازش، فرموله می کنند. برای حل این مسئله، یک الگوریتم ژنتیک به همراه روش کدگذاری مبتنی بر اولویت پیشنهاد می شود. پیشوایی و همکاران در سال ۲۰۱۰ نیز یک مدل برنامه ریزی خطی عددصحیح مختلط برای طراحی یک شبکه ترکیبی ارائه دادند. در این مسئله برای جلوگیری ازهزینه اضافی و صرفه جویی فرض شده است که احیای محصولات برگشتی در مراکز تولید انجام می شود. امین و ژانگ۲۰۱۲ مدلی مشابه با مدل موجود در این مقاله را مورد بررسی قرار داده اند که با استفاده ازروش Branch & Bound در نرم افزارهای تجاری حل مدل های بهینه سازی ریاضی به حل مدل پرداخته اند.

Archive of SID

www.SID.ir

عالم تبریز و همکاران در سال ۱۳۹۰یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح آمیخته احتمالی برای طراحی شبکه لجستیک معکوس ارائه دادند. مدل مورد نظر با در نظر گرفتن کمینه سازی هزینه ها (هزینه های استقرار تسهیلات و هزینه های حمل و نقل) و همچنین در نظر گرفتن عدم قطعیت در تقاضای محصولات برگشتی، از نوع مسائل NP-Hard است که در آن، زمان حل مسأله به صورت نمایی و با توجه به ابعاد مسأله افزایش می یابد. همچنین یک روش کارا با استفاده از الگوریتم ژنتیک با کدینگ اولویت محور پیشنهاد دادند.

تارخ و همکاران در سال ۱۳۹۱ یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط برای طراحی شبکه لجستیک یکپارچه پیشرو/ معکوس چندلایه، چندمحصولی، تک دوره ای به همراه ظرفیتهای محدود شده و با شرایط نبود قطعیت و هدف کمینه سازی هزینه های کل شبکه ارائه دادندکه به طور همزمان گزینه های بازیابی، تعمیر، تولید دوباره و همچنین گزینه دفع ضایعات را در برمی گیرد. توکلی مقدم و همکاران نیز در سال ۱۳۹۲ به مدلسازی ریاضی شبکه لجستیک مستقیم و معکوس با هدف کمینه سازی هزینه های ثابت و جریان مواد پرداختند که در ادامه مدل را با نرم افزار لینگو حل و تحلیل کردند.

در اکثر مطالعات مشابه ذکرشده به طراحی شبکه لجستیک معکوس پرداخته و کاهش هزینه به عنوان اولویت اهداف در نظر گرفته شده است. اما در مقالات بررسی شده موردی که در آن تخفیف برای مسئله لجستیک معکوس با چندین هدف و محدودیت در نظر گرفته شده باشد، مشاهده نگردید. چکیده ای از تحقیقات انجام شده در زمینه لجستیک معکوس در جدول ۱ ارائه شده است. لذا در مقاله حاضر با توجه به جدول ۱، به ارائه مدل مذکور با توجه به شرایط تخفیف هنگام خرید از تامین کننده خارجی حین فرآیند تولید مجدد محصولات پرداخته می شود ونیز با درنظرگرفتن ماهیت چند هدفه بودن مدل با الگوریتم های فرابتکاری به حل مدل پرداخته تا در مقایسه با مقالات زیر به نقطه بهینگی مطلوب رسیده شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- **تحقیقات انجام شده در زمینه طراحی لجستیک معکوس**

ردیف	محققین و سال	هزینه تولد	هزینه حمل و نقل	هزینه احداث مراکز دمونتاژ	هزینه تعمیرات	هزینه نوسازی	هزینه بازیابی	هزینه دفع ضایعات	هزینه تخفیف
۱	تیاری۲۰۰۴			*	*	*		*	
۳	لی و همکاران ۲۰۰۹		*	*					
۴	تارخ و همکاران ۱۳۹۱				*		*	*	
۵	توکلی مقدم و همکاران ۱۳۹۲		*	*			*		
۶	امین و ژانگ، ۲۰۱۲			۰		*		*	
۷	عالم تبریز و همکاران، ۱۳۹۰	*	*	*				*	
۸	این تحقیق	*	*	*	*	*	*	*	*

Archive of SID

www.SID.ir

تعریف مسأله

در این تحقیق، مدل شبکه لجستیک معکوس برای محصولات برگشتی با هدف حداقل‌سازی هزینه های احداث مراکز و هزینه های خود مراکزکنترل مرتب سازی (نوسازی) و واحد جداسازی (دمونتاژ) و واحد بازیافت (دفع) و حداقل‌سازی هزینه‌های حمل‌ونقل بین مراکز و همچنین هزینه خرید از تامین کننده خارجی در بازه تخفیف در نظر گرفته شده است و هدف بعدی بیشینه کردن اهمیت تامین کنندگان خارجی است.در لجستیک معکوس، پارامترهایی مثل ظرفیت مراکز، تقاضا، هزینه، کیفیت و... غیرقطعی هستند. با توجه به نبود قطعیت در لجستیک معکوس و برای انطباق شبکه لجستیک معکوس مورد نظر با عالم واقعیت، در این تحقیق، میزان تقاضای مراکز تولید و مراکز بازیافت، تصادفی در نظر گرفته شده است.

بیشتر پژوهشهای انجام شده در حوزه انتخاب تامین کننده برای موقعیت های خرید تک محصولی طراحی شده اند ومعمولاًبه دلیل جلوگیری از پیچیده شدن محاسبات ریاضی،تخفیفات نادیده گرفته شده، یا تنها یک نوع تخفیف در نظر گرفته می شود، در حالی که در واقعیت تامین کنندگان می توانند شرایط تخفیف دلخواه را بیان و مشخصات خود را اعلام کنند و خریدار با توجه به موقعیت خود بهترین گزینه ها را انتخاب کند. بنابراین در این مدل سعی برآن است که شرایط تخفیف را به گونه ای در هنگام خرید از تامین کننده خارجی حین فرآیند تولید مجدد محصولات در نظر گرفته شود.

مفروضات

مدل ریاضی ارائه شده در این پژوهش با توجه به فرضیه های زیر طراحی و حل شده است:

- اگر مقدارقطعات ارائه شده از مکان نوسازی برای نیاز تولید کننده کافی نیست، تولیدکننده باید قطعات را ازتامین کنندگان خارجی فراهم کند.
- افزایش ظرفیت مکانهای دمونتاژ و نوسازی وتامین کنندگان شناسایی می شوند.
- تقاضای مراکز تولید و مراکز بازیافت، به صورت تصادفی در نظر گرفته شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

مدل‌سازی ریاضی

اندیسها، پارامترها، متغیرهای تصمیم و تابع هدف مدل ریاضی ارائه شده برای شبکه لجستیک معکوس به شرح زیراست:

اندیس ها

I: مجموعه نقاط ثابت مراکز برگشت $(i \in I)$

J : مجموعه نقاط بالقوه مراکزجداسازی $(j \in J)$

K :مجموعه نقاط بالقوه مراکز کنترل، تمیزکاری و مرتب سازی $(k \in K)$

F : مجموعه نقاط ثابت مراکز تولید $(f \in F)$

R : مجموعه نقاط ثابت مراکز بازیافت $(r \in R)$

P :مجموعه محصولات $(p \in P)$

M : مجموعه قطعات $(m \in M)$

S : مجموعه تامین کنندگان $(s \in S)$

T : دوره $(t \in T)$

E : سطوح تخفیف $(e \in E(m,s))$

پارامترها

در این بخش پارامترهای مسئله که در مدل به کار گرفته شده اندکه برای هر تامین کننده و هر محصول و قطعه و هر سطح تخفیف دارای مقادیر متفاوتی است،عبارتند از:

m: منبع مصرفی برای دمونتاژیک واحداز قطعه Rud_m

RuR_{mk} : منبع مصرفی برای نوسازی یک واحد از قطعه m در محل نوسازی k

Ru_{ms} : منبع داخلی مورد استفاده از تامین کننده خارجی s برای تولید یک واحد قطعه m

$Mcap_{mt}$: حداکثر ظرفیت محل دمونتاژقطعه دمونتاژ m در دوره زمانی t

Archive of SID

www.SID.ir

$Mcap_{mkt}$:حداکثر ظرفیت محل نوسازی k برای نوسازی قطعه m در دوره زمانی t

$Mcap_{st}$: حداکثر ظرفیت ذخیره تامین کننده خارجی sام در دوره زمانی t

$Cap1_{ipt}$: ظرفیت مرکز برگشت i برای محصول p در دوره زمانی t

$Cap2_{jmt}$:ظرفیت مرکز جداسازی j برای قطعه m در دوره زمانی t

$Cap3_{kmt}$: ظرفیت مرکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی (نوسازی) k برای قطعه m در دوره زمانی t

V_{st}:حداقل مقدار خریداری از تامین کننده sام در دوره زمانی t

UM_m : حداکثر درصد قطعه m قابل استفاده مجدد

WI_{ms}: اهمیت وزن تامین کننده S برای قطعه m

n_{mp} :تعداد قطعات m بوجود آمده از جداسازی یک محصول p

DP_{fmt} :تقاضای مرکز تولید f برای قطعه m در دوره زمانی t

DB_{rpt} : تقاضای مرکزبازیافت r برای محصول p در دوره زمانی t

DR_{rmt}:تقاضای مرکزبازیافت r برای قطعه m در دوره زمانی t

CD_{mt} : هزینه واحد دمونتاژ برای قطعه m در دوره زمانی t

Cd_{mt} :هزینه واحددفع برای قطعه m در دوره زمانی t

CR_{mkt} : هزینه واحد نوسازی (بازسازی) برای قطعه m در محل نوسازی k در دوره زمانی t

CB_{mest} : هزینه قطعه خریداری شده m در بازه تخفیف e ام ازتامین کننده خارجی s ام در دوره زمانی t

CRJ_{ijpt} : هزینه حمل و نقل و جابجایی یک واحد از محصول p از مرکز برگشت i به مرکز جداسازی j در دوره زمانی t

CRR_{ikpt} : هزینه حمل ونقل و جابجایی یک واحد محصول p از مرکز برگشت i به مرکز کنترل و تمیز کاری و مرتب سازی (نوسازی) k در دوره زمانی t

CJR_{jkmt} : هزینه حمل ونقل و جابجایی یک واحد قطعه m از مرکز جداسازی j به مرکز کنترل و تمیز کاری و مرتب سازی (نوسازی) k در دوره زمانی t

Archive of SID

www.SID.ir

CBR_{krmt}: هزینه حمل ونقل و جابجایی یک واحد قطعه m از مرکز بازیافت r به مرکز کنترل و تمیز کاری و مرتب سازی (نوسازی) k در دوره زمانی t

CPR_{kfmt}: هزینه حمل ونقل و جابجایی یک واحد قطعه m از مرکزتولید f به مرکز کنترل و تمیز کاری و مرتب سازی (نوسازی) k در دوره زمانی t

CJ_{jm}^{wc}: هزینه ثابت احداث مرکز جداسازی j برای قطعه m

CR_{mk}^{wc} :هزینه ثابت احداث مرکز کنترل، تمیزکاری مرتب سازی (نوسازی) k برای قطعه m

B_{mest} : حد بالای سطح تخفیف e از بازه تخفیف تامین کننده s در دوره زمانی t

۵-۳- متغیر تصمیم

متغیرهای مسئله برای مدل ارائه شده عبارتند از:

UP_{mest}: واحدهای قطعه m ام که در بازه تخفیف e ام ازتامین کننده خارجی s ام در دوره زمانی t خریداری شده است.

$UPD2_{mk}$: واحدهای قطعه m که از محل دمونتاژ(جداسازی) در دوره زمانی t بدست آمده اند.

UPR_{mkt}: واحدهای قطعه m که از محل نوسازی(کنترل مرتب سازی) k در دوره زمانی t نوسازی شده اند.

$UPD1_{mt}$: واحدهای قطعه m که دردوره زمانی t دفع شده اند.

fRJ_{ijpt} : مقدار جریان محصول p از مرکز برگشت i به مرکز جداسازی(دمونتاژ) j در دوره زمانی t

fRR_{ikpt} :مقدار جریان محصول p از مرکز برگشت i به مرکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی (نوسازی) k در دوره زمانی t

fJR_{jkmt} :مقدار جریان قطعه m از مرکز جداسازی j به مرکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی (نوسازی) k در دوره زمانی t

fJB_{jrmt} :مقدار جریان قطعه m از مرکز جداسازی j به مرکز بازیافت r در دوره زمانی t

fRB_{kfmt} : مقدار جریان قطعه m از مرکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی (نوسازی) k به مرکز تولید f در دوره زمانی t

Archive of SID

www.SID.ir

fRB_{krmt} : مقدار جریان قطعه m از مرکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی (نوسازی) k به مرکز بازیافت r در دوره زمانی t

y_{jm} : اگر مرکز جداسازی j برای قطعه m احداث گردد 1 ودر غیر این صورت 0

X_{mk} : اگر مرکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی (نوسازی) k برای قطعه m احداث گردد 1و در غیر اینصورت0

U_{st}: متغیر باینری برای تامین کننده s

ضریب تخفیف مربوط به بازه تخفیف Z_{mest} :

تابع هدف

در این تحقیق دو تابع هدف در مدل در نظر گرفته شده است که در زیر به توضیح آن پرداخته می شود:

مینیمم سازی هزینه

همزمان هزینه‌های احداث (مراکز جداسازی و مراکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی) و هزینه های خود مراکز کنترل مرتب سازی (نوسازی) و واحد جداسازی (دمونتاژ) و واحد های بازیافت و دفع و هزینه‌های جابجایی و حمل‌ونقل محصولات و قطعات بین مراکز و هزینه خرید از تأمین کننده خارجی در بازه تخفیف را کمینه می کند.

تابع هدف هزینه به صورت زیر فرموله می شود:

$$MinZ_1 = \sum_{m=1}^{M}\sum_{e=1}^{E(m,s)}\sum_{s=1}^{S}\sum_{t=1}^{T} CB_{mest}UP_{mest} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} CD_{mt}UPD2_{mt} + \sum_{k=1}^{K}\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} CR_{kmt}UPR_{kmt} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} Cd_{mt}UPD1_{mt} +$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$\sum_{j=1}^{J}\sum_{m=1}^{M} CJ_{jm}^{wc} + \sum_{k=1}^{K}\sum_{m=1}^{M} CR_{mk}^{wc} x_{mk} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} CRJ_{ijpt}\, fRJ_{ijpt} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{k=1}^{K}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} CRR_{ikpt}\, fRR_{ikpt} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} CJR_{jkmt}\, fJR_{jkmt} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{r=1}^{R}\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} CBJ_{jrmt}\, fJB_{jrmt} + \sum_{k=1}^{K}\sum_{f=1}^{F}\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} CPR_{kfmt}\, fRP_{kfmt} + \sum_{k=1}^{K}\sum_{r=1}^{R}\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} CBR_{krmt}\, fRB_{krmt} \quad (۱)$$

بیشینه سازی سطح اهمیت تامین کنندگان خارجی:

تابع هدف زیر اهمیت تأمین کنندگان خارجی را بیشینه می کند که شامل حاصلضرب اوزان تأمین کنندگان خارجی در مقدار قطعات خریداری شده ازآنها حاصل می شود.

$$\text{Max}Z_2 = \sum_{m=1}^{M}\sum_{e=1}^{e(m,s)}\sum_{s=1}^{S}\sum_{t=1}^{T} WI_{ms}\; UP_{mest} \quad (۲)$$

محدودیت های مدل:

Subject to:

$$u_s v_{st} \le \sum_{m=1}^{M}\sum_{e=1}^{e(m,s)} Ru_{ms} UP_{mest} \le u_s Mcap_{st} \quad \forall s,t \quad (۳)$$

این محدودیت ، محدودیت ظرفیت می باشد که بیانگر حداقل مقدار خریداری از تامین کنندگان و حداکثر ظرفیت تامین کننده خارجی است.

$$\sum_{k=1}^{K} UPR_{mkt} + UPD1_{mt} = UPD2_{mt} \quad \forall m,t \quad (۴)$$

Archive of SID

www.SID.ir

این محدودیت، تعادل محصولات و قطعات است که بیان می کند تعداد قطعات دمونتاژ شده برابر با تعداد قطعات و ضایعات قابل استفاده مجدد می باشد.

$$Rud_m UPD2_{mt} \le Mcap_{mt} \quad \forall m,t \qquad (۵)$$

$$Rur_{mk} UPR_{mkt} \le Mcap_{mkt} x_{mk} \quad \forall m,k,t \qquad (۶)$$

محدودیت های (۵) و (۶) حداکثر درصد قطعات و ضایعات قابل استفاده مجدد را منعکس می کند.

$$\sum_{j=1}^{J} fRJ_{ijpt} \le cap1_{ipt}, \forall i, p, t \qquad (۷)$$

$$\sum_{k=1}^{K} fRR_{ikpt} \le cap1_{ipt}, \forall i, p, t \qquad (۸)$$

محدودیت های (۷) و (۸) محدودیت‌های ظرفیت مراکز برگشت هستند که بیان می‌دارند مقدار محصولات ارسالی از هر مرکز برگشت به مراکز جداسازی و مراکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی باید کوچکتر یا مساوی با ظرفیت آن مرکز برگشت برای هر محصول باشد.

$$\sum_{k=1}^{K} fJR_{jkmt} \le cap2_{jmt} y_{jm}, \forall j, m, t \qquad (۹)$$

$$\sum_{r=1}^{R} fJB_{jrmt} \le cap2_{jmt} y_{jm}, \forall j, m, t \qquad (۱۰)$$

محدودیت های (۹) و (۱۰) محدودیت‌های ظرفیت مراکز جداسازی هستند که بیانگر آن هستند که تعداد قطعات ارسالی از هر مرکز جداسازی (در صورت احداث شدن) به مراکز

Archive of SID

www.SID.ir

کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی و مراکز بازیافت باید کوچکتر یا مساوی با ظرفیت آن مرکز جداسازی برای هرقطعه باشد.

$$\sum_{r=1}^{R} fRB_{krmt} \le cap3_{kmt}\, x_{mk}, \forall k, m, t \quad (11)$$

$$\sum_{f=1}^{F} fRP_{kfmt} \le cap3_{kmt}\, x_{mk}, \forall k, m, t \quad (12)$$

محدودیت های (۱۱) و (۱۲) محدودیت‌های ظرفیت مراکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی هستند که بیان می کنند که تعدادقطعات ارسالی از هر مرکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی (در صورت احداث شدن) به مراکز تولید و مراکز بازیافت باید کوچکتر یا مساوی با ظرفیت آن مرکز کنترل، تمیزکاری و مرتب‌سازی برای هر قطعه باشد.

$$\sum_{k=1}^{K} UPR_{mkt} \le u_m UPD2_{mt}, \forall m, t \quad (13)$$

$$UPD1_{mt} \le (1-u_m) UPD2_{mt}, \forall m, t \quad (14)$$

محدودیت های (۱۳) و (۱۴) محدودیت های مکان های دمونتاژو نوسازی هستند که بیانگر حداکثر ظرفیت مکان های دمونتاژ و نوسازی در دوره زمانیtهستند.

$$\sum_{j=1}^{J}\sum_{r=1}^{R} fJB_{jrmt} \le n_{mp}\left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} fRJ_{ijpt}\right) \forall m, p, t \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} fJR_{jkmt} \le n_{mp}\left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} fRJ_{ijpt}\right) \forall m, p, t \quad (16)$$

محدودیت های (۱۵) و(۱۶) محدودیت های تعادل محصولات و قطعات هستند که تعادل جریان قطعات به دست آمده از جداسازی محصولات است.n_{mp} ضریب تبدیل می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

$$(\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} fJR_{jkmt} \geq \sum_{f=1}^{F} DP_{fmt})\forall m,t \quad (۱۷)$$

$$(\sum_{i=1}^{I}\sum_{k=1}^{K}(fRR_{ikpt} \geq \sum_{r=1}^{R} DB_{rpt})\forall p,t \quad (۱۸)$$

محدودیت های (۱۷) و (۱۸) این محدودیت ها نشان می دهند که محصولات وقطعاتی که از مرکز برگشت و مرکز جداسازی به سمت مراکز کنترل، تمیزکاری و مرتب سازی حمل می شوند، از طرف تقاضای تولید و مراکز بازیافت به صورت کششی هستند.

$$(\sum_{k=1}^{K} fRP_{kfmt} \geq DP_{fmt}), \forall f, m, t \quad (۱۹)$$

$$(\sum_{k=1}^{K} fRB_{krpt} \geq DB_{rpt}), \forall r, p, t \quad (۲۰)$$

$$(\sum_{j=1}^{J} fJB_{jrmt} \geq DR_{rmt}), \forall r, m, t \quad (۲۱)$$

$$(\sum_{e=1}^{E(m,s)}\sum_{s=1}^{S} UP_{mest} \geq \sum_{f=1}^{F} DP_{fmt})\forall m,t \quad (۲۲)$$

محدودیت های (۱۹) و(۲۰) و(۲۱) و(۲۲) محدودیتهای تقاضای محصولات وقطعات هستند که نشان دهنده میزان تقاضای مراکز تولید برای قطعات و میزان تقاضای مراکز بازیافت برای محصولات و میزان تقاضای مراکز بازیافت برای قطعات می باشد ودر نهایت میزان تقاضای مراکز تولید از تامین کننده خارجی می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

$$B_{m(e-1)st} Z_{mest} \le UP_{mest} \le B_{mest} Z_{mest}, \forall m,e,s,t \quad (۲۳)$$

$$\sum_{e=1}^{E(m,s,t)} Z_{mest} \le 1, \forall s,t \quad (۲۴)$$

$$Z_{mest} \begin{cases} 0 \xrightarrow{if} Z_{mest} = 0 \\ 1 \xrightarrow{if} Z_{mest} \succ 0 \end{cases} \quad (۲۵)$$

m=1،2،.....،M، e=1،2،.....،E(m،s)،s=1،2،....،S

محدودیت های(۲۳)،(۲۴) و(۲۵) تخفیف هستند، از آن جایی که هر تامین کننده تخفیف را ارائه می دهد، بنابراین نیاز است که محدودیتی به نام محدودیت تخفیف در مدل لحاظ شود تا بسنجد مقدار خرید از تامین کننده S برای محصول p یا قطعه m در سطح تخفیف e، در آن سطح تخفیف صدق می کند.

$$fRJ_{ijpt},\ fRR_{ikpt},\ fJR_{jkmt},\ fJB_{jrmt},$$
$$fRP_{kfmt},\ fRB_{krmt}, UP_{mest}, UPD1_{mt},$$
$$\mathrm{UPD2_{mt}}, \mathrm{UPR_{mkt}} \ge 0, \forall i,j,k,m,f,r,p,t \quad (۲۶)$$

$$\mathrm{y_{jm}}، x_{mk}، u_{st} = \{0,1\} \forall j,m,k,s,t \quad (۲۷)$$

محدودیت‌های(۲۶) و(۲۷)محدودیت های منطقی و بدیهی مربوط به متغیرهای تصمیم هستند.

Archive of SID

www.SID.ir

روش شناسی حل مسئله

شبکه لجستیک معکوس مورد بررسی در این تحقیق در دسته NP-Hard قرار دارد که برای حل آن در مقیاس های بزرگ نمی‌توان از روش‌های دقیق استفاده کرد. محققان برای حل این گونه مسائل، از روش‌های ابتکاری و فراابتکاری ـ که بر پایه بهینه‌سازی مسائل ترکیبی استوارند ـ استفاده می‌کنند (عالم تبریز و همکاران، ۱۳۹۰) .در این مقاله ابتدا در مقیاس کوچک مسئله را با نرم افزار Lingo نسخه ۸ و الگوریتم فرا ابتکاری GA و سپس در مقیاس بزرگتر به خاطر NP-Hard بودن مسئله و قادر نبودن Lingo در بدست آوردن جواب، فقط از الگوریتم های فرا ابتکاری استفاده شده است. از بین الگوریتم های فرا ابتکاری به خاطر ماهیت چند هدفه بودن مسئله از الگوریتم فرا ابتکاری NSGA-II و NRGA در این تحقیق استفاده شده است.

الگوریتم ژنتیک مرتب سازی نا مغلوب ها ۱(NSGA-II)

الگوریتم ژنتیک مرتب سازی نامغلوب (NSGA-II) یکی از کارآمدترین و مشهورترین الگوریتم های بهینه‌سازی چند هدفه می باشد که توسط Deb و همکاران در سال ۲۰۰۰ ارایه شد. با توجه به اینکه الگوریتم های بهینه سازی تک هدفه، حل بهینه را با توجه به یک هدف می یابند و این در حالی است که در مسائل چند هدفه یک حل بهینه مجزا را نمی توان یافت. پس طبیعی است که با یک مجموعه ای از حل ها به نام حل های مغلوب نشده موثر سروکار داشته باشیم. از بین این مجموعه حل های متناهی حل مناسب جواب هایی خواهد بود که عملکرد قابل قبولی را نسبت به همه اهداف داشته باشد. حل مسائل چند هدفه با رویکرد پارتو از دسته مسائل پیچیده تر در حل مسائل چند هدفه می باشند. علت این است که معمولاً جواب بهینه خاصی برای این روش ها بدست نمی آید (Deb, 2001). در ادامه قدم های پیاده سازی الگوریتم (NSGA-II) تشریح می گردد.

1-Non-Dominated Sorting Genetic Algorithms

Archive of SID

www.SID.ir

٦-١-١- مقداردهی اولیه

اطلاعات اولیه برای شروع کار الگوریتم (NSGA-II) پیشنهادی به قرار زیر است:

- اندازه جمعیت اولیه (nPop)،که بیانگر تعداد کروموزوم هایی است که در هر مرحله باید نگهداری شوند.
- احتمال عملگر تقاطع (P_c)، که بیانگر تعداد والدینی است که در حوضچه جفت شرکت می کنند. جهت تولید فرزند جدید در هر تکرار از الگوریتم، عملگر تقاطع یکنواخت[1] پیاده سازی شده است (Bate and Jones،2007).
- احتمال عملگر جهش (P_m)، که بیانگر تعداد جواب هایی است که در فرآیند جهش شرکت می کنند.
- تعداد تکرار الگوریتم (nIt).

الگوریتم NRGA

الگوریتم NSGA در سال ۲۰۰۲ توسط آقای Deb معرفی گردید. اما به دلیل سرعت همگرایی پایین آن، جادن در سال ۲۰۰۸ میلادی الگوریتم NRGA را پیشنهاد کرد.الگوریتم NRGA بر اساس اصل عدم غلبه کردن، میزان فاصله ازدحامی و نخبه گرایی می باشد و نسبت به الگوریتم های مشابه، سریعتر و از پیچیدگی عملیاتی کمتری برخوردار است .در زیر مراحل اجرای الگوریتم NRGA آمده است.

۱- تولید نسل والدین تصادفی به تعداد N .

۲- مرتب نمودن نسل اولیه بر اساس جواب های نامغلوب با استفاده از محاسبه فاصله ازدحامی.

۳- برای هر جواب نامطلوب رتبه ای متناسب با تراز(فرانت) آن در نظر گرفته می شود(فرانت اول برای بهترین اعضا و فرانت دوم برای بهترین اعضای بعدی و به همین ترتیب....

۴- انتخاب والدین بر اساس چرخ رولت.

1-Uniform Crossover

Archive of SID

www.SID.ir

۵-تولید نسل فرزندان به تعداد N با استفاده از عملگر انتخاب و جهش.

۶- با توجه به نسل اول تولید شده فوق که شامل کروموزومهای والدین و فرزندان می باشد نسل جدید زیر صورت می گیرد.

- ترکیب کروموزومهای والدین و فرزندان و تولید نسل(R t) به تعداد 2N .
- مرتب نمودن نسل R t بر اساس دسته بندی های نامغلوب و شناسایی جبه های برتر.
- تولید نسل والدین برای تکرار بعد با استفاده از جبهه های نامغلوب تولید شده به تعداد N.
-اعمال عملگرهای تزویج، جهش و بر روی نسل والد جدید تولید شده.
- نخبه گرایی(اعضای از نسل قبل که مغلوب نشده اند می توانند در تولید فرزندان شرکت کنند).
- انتخاب والدین برای تولید نسل بعدی با استفاده از چرخ رولت.
- تولید نسل فرزندان به تعداد n.

۷- تکرار مرحله ۶ تا دستیابی به تعداد کل تکرار مورد نظر.

ساختار کروموزوم

در این مسئله ۹ رشته کروموزومی داریم، رشته های کروموزومی مشتمل بر متغیرهای مستقل ما شامل $UPD1_{mt}$، UP_{mest}، UPR_{mkt}، fRJ_{ijpt} ، fRR_{ikpt}، fRR_{kfmt} fRP_{kfmt} ، fJR_{jkmt} fJB_{jrmt}هستند که در مدل وارد کروموزوم می کنیم که به طور کلی ساختار جواب می گوییم .برای مثال، ساختار کروموزوم موجود در متغیر $UPD1_{mt}$ دارای دو بعد می باشد که بعد اول نشان دهنده تعداد قطعات موجود و بعد دوم نشان دهنده دوره زمانی می باشد. بنابراین ساختار کروموزوم به صورت یک ماتریس $m * t$ می باشد که m بیانگر تعدادقطعات موجود در مسئله و t بیانگر دوره زمانی می باشد و درمتغیرهای بعدی همگی دارای چهار بعد می باشند که بیان کننده تعداد قطعات و سطح تخفیف، تعداد مراکز نوسازی، برگشت، دمونتاژ و تولید، تعداد محصولات و تامین کنندگان و دوره زمانی هستند که ساختار کروموزوم به صورت ماتریس های m*e*s*t و i*j*p*t و i*k*p*t و m*k*t و j*k*m*t و j*r*m*t و k*f*m*t و k*f*m*t می باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

۸- حل مدل

در این بخش به حل مدل چند هدفه لجستیک معکوس با در نظر گرفتن تخفیف کلی، پرداخته شده است. از حل تک تک اهداف با کلیه محدودیت های مدل با استفاده از نرم افزار Lingo نسخه ۸ و الگوریتم ژنتیک و سپس مقادیر حد بالا و پائین برای هر هدف توسط رابطه (۲۸)، جداول (۲) و (۳) و (۴) حاصل شده است.

$$Min\left[w_1^{\,p}\left(\frac{z_1-z_1^{+}}{z_1^{-}-z_1^{+}}\right)^p+w_2^{\,p}\left(\frac{z_2^{-}-z_2}{z_2^{-}-z_2^{+}}\right)^p\right]^{1/p} \quad (۲۸)$$

دررابطه (۲۸)، w_1 ، w_2 عوامل وزنی هستند که توسط تصمیم گیرنده برای اهداف در نظر گرفته می شود $(w_k >= 0)$ به طوری که مجموع وزن اهداف برابر یکشود.به طورآشکارا، نتایج متفاوت بستگی به مقدار p دارد. به طور کلی p برابر ۱ یا ۲ است.اما دیگر مقادیر p نیز می تواند بکار رود.

جدول ۳: نتایج حاصل از حل مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک

Z	Z_1	Z_2	λ
0.085	8878	55.5	**1**

جدول ۲: نتایج حاصل از حل مدل با استفاده از نرم افزار

Z	Z_1	Z_2	λ
0.034545	78546.02	40	**1**

جدول٤: مقادیر حد بالا و پائین برای هر هدف

	Z_1	Z_2
Z_k^+	5756	27.52
Z_k^-	55223	51.08

Archive of SID

www.SID.ir

همانطور که مشاهده می شود پاسخ الگوریتم ژنتیک نیز به خوبی همگرا شده است و مقدار تابع هدف از حل الگوریتم ژنتیک، به مقدار بدست آمده از حل مدل توسط نرم افزار لینگو مطابق با جداول (۱) و (۲) بسیار نزدیک است.

مقایسه کارایی الگوریتم ها

هم گرایی به جواب های بهینه پارتو و فراهم نمودن چگالی و تنوع در میان مجموعه جواب های به دست آمده دو هدف اصلی هر الگوریتم تکاملی چند هدفه هستند ولی به دلیل اینکه دو هدف تا حدودی در تضاد با یکدیگرند، معیاری که بتواند به تنهایی و به صورت مطلق در موردالگوریتم ها تصمیم بگیرد، وجود ندارد. اگر امکان دستیابی به چنین معیاری میسر بود، اظهار نظر در مورد برتری یک الگوریتم نسبت به الگوریتم دیگر امکان پذیر می گردید (خویشتن دار, فرزد, & زندیه, ۱۳۹۰). بنابراین الگوریتم های ارائه شده در این مقاله با معیارهای زیر مورد مقایسه قرار گرفته اند.

معیارهای مقایسه چند هدفه

۱- بیشترین گسترش[1] ۲ - فاصله گذاری[2] ۳- فاصله از جواب ایده ال[3] 4 - تعداد جواب های پارتو[4]

۵- زمان اجرای الگوریتم[5]

نتایج مقایسه الگوریتم ها

به منظور مقایسه الگوریتم ها و شناسایی الگوریتم های کارا، هر یک از الگوریتم های طراحی شده ۱۲ بار اجرا شده و مقدار هر یک از معیارها در هر اجرا محاسبه گردیده است. نتایج محاسباتی حاصل از الگوریتم فرا ابتکاری NSGA-II و NRGAدر سایزهای بزرگ به ترتیب در جداول (۵) و (۶) آورده شده است.

[1]Diversity
[2]Spacing
[3]Mid
[4]Nos
[5]Time

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵: حل مدل توسط NSGA-II

Number	MID	Spacing	Diversity	NOS	Time (s)
1	110735040.73	16309063.45	98211449.11	100	183.36
2	84745194.104	3687778.37	29575559.17	85	204.05
3	83719919.44	1582765.466	21596358.23	83	216.30
4	108540647.7	6476841.91	80136785.25	86	262.33
5	110188445.38	1210476.68	43924367.20	45	325.22
6	184867409.69	1888569.29	26022749.27	64	299.65
7	216622076.41	14802524.82	101476246.6	46	386.24
8	262767759.99	3235168.96	142446988.4	64	402.74
9	241884110.73	5531732.81	53043953.04	74	462.52
10	231137231.06	3492480.96	91496788.88	93	509.62
11	37556688.02	471378.004	1095898.156	68	639.3
12	32218026.67	1324199.48	4002021.001	74	864.3
Average	142081879.2	5001081.683	57752430.36	73.5	396.302

جدول ٦-حل مدل توسط NRGA

Number	MID	Spacing	Diversity	NOS	Time (s)
1	210189916.59	762593.175	6284132.054	100	172.20
2	189581296.27	374058.18	7648330.627	90	192.55
3	164537385.19	733065.661	11159132.45	91	200.1
4	179443233.06	242036.519	7870903.015	75	233.25
5	204986828.63	860090.488	8297269.604	61	285.36
6	389773548.87	323959.871	13347687.43	85	336.3
7	411413791.19	1072897.601	20581617.67	63	294.3
8	426082315.12	1118861.116	25500747.21	80	326.5
9	470068733.38	909567.976	14998093.72	90	371.5
10	430496595.91	664486.484	20336705.63	85	417.8
11	163647791.71	67063.48	36488.287	85	499.3
12	151290165.00	78128.228	4021222.41	82	594.3

Archive of SID

www.SID.ir

Number	MID	Spacing	Diversity	NOS	Time (s)
Average	282625966.7	600567.3983	11673527.51	82.2	326.955

همانطور که در جدول فوق نشان داده شده است سه شاخص Spacing، MID و Time مقادیر کمتر و برای دو شاخص Diversity و NOS مقادیر بیشتر ازمطلوبیت بالاتری برخوردار هستند. همان‌طور که در ردیف انتهایی جداول محاسباتی نشان داده شده است معیارهای MIDوDiversityدر الگوریتم NSGA-II و معیارهای NOS، Spacing و Time در الگوریتم NRGA از مطلوبیت بالاتری برخوردارند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح آمیخته برای شبکه لجستیک معکوس برای محصولات برگشتی ارائه شده است که هدف از آن، کمینه‌سازی هزینه‌ها اعم از احداث تسهیلات و حمل و نقل و جریان مواد بین تسهیلات و خریداز تامین کننده خارجی با در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت و تخفیف در خرید و همچنین در حالت چند محصولی است. از موضوعاتی که در تحقیقات آینده می تواند مورد توجه قرار بگیرد، می توان به توسعه مدل با اهداف زیست محیطی و سبز بودن و بهینه سازی پایدار اشاره کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

تارخ محمدجواد،گوکه مهسا، ترابی شهره ،(۱۳۹۰). *مدل کلی بهینه سازی طراحی شبکه لجستیک معکوس تحت عدم قطعیت*. نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۶ ، شماره ۲، مهر ماه ۱۳۹۲ ، ۱۵۹-۱۷۰.

توکلی مقدم رضا، رکاوندی مجتبی، قدرت نما علی،(۱۳۹۲). *مدل سازی ریاضی برای طراحی یکپارچه شبکه لجستیک مستقیم و معکوس*.پژوهش های مدیریت در ایران، دوره۱۷، شماره۴، زمستان ۱۳۹۲.

خویشتن دار سهیلا، فرزد فرهاد، زندیه، مصطفی، (۱۳۹۰). *ارائه الگوریتم تکاملی چند هدفه برای سیستم های موجودی احتمالی با مرور دائم*. فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، ۲۰، ۸۱-۹۹.

عالم تبریز اکبر، روغنیان عماد، حسین زاده مصطفی، (۱۳۹۰). *طراحی و بهینه سازی شبکه لجستیک معکوس در شرایط عدم قطعیت با استفاده از الگوریتم ژنتیک*. چشم انداز مدیریت صنعتی، ۱، ۶۱-۸۹.

غضنفری مهدی، فتح اله مهدی، (۱۳۸۵).«*نگرشی جامع بر مدیریت زنجیره تأمین*»، *انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران*.

Amid، A. G. (2006). *Fuzzy multi-objective linear model for supplier selection in a supply chain*. International Journal of Production Economics، ، 104، 394-407.

Amin، H.S، Zhang،G.(2012). *An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: Multi-objective approach*. Expert Systems with Applications 39 (2012) 6782–6791.

Barros، A. D. (1998). *A two-level network for recycling sand: a case study. European* Journal of Operational Research ، 110، 199-214.

Benton، W. P. (1996). *Classification of literature on determining the lot size under quantity discount*. European Journal of Operation Research ، 92 (2)، 219-238.

Archive of SID

www.SID.ir

Bate، S.T.، Jones B. (2007). *A review of uniform crossover designs*. Journal of Statistical Planning and Inference، 138، 336-351.

Deb، k. (2001). *Multi-objective optimization using evolutionary algorithms*. New York، NY: Wiley.

Fleischmann، M. H. (2000). *A Characterization of logistics networks for product recovery*. Omega ، 28 (6)، 653-666.

Fleischmann M، Kuik R، Dekker R. *Controlling inventories with stochastic item returns: a basic model*. European Journal of Operational Research 2002;138:63–75.

Jayaraman، V. S. (1999). *A closed loop logistics model for remanufacturing*. Journal of the Operational Research Society ، 50 (5)، 497-508.

Lee، J.E.، Gen، M. and Rhee K.G. (2009). "*Network model and optimization of reverse logistics by hybrid genetic algorithm*." Computers and Industrial Engineering، Vol. 56، PP. 951-964.

Montgomery، D. (2004). *Response surface methodology*. New York: Willey.

Omar Al Jadaan، Lakishmi Rajamani، C. R. Rao، "*NONDOMINATED RANKED GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION PROBLEMS: NRGA*، " Journal of Theoretical and Applied Information Technology ،vol. 4، no. 1، pp. 61-68، 2008.

Pishvaee M.R.، Zanjirani Farahani R.، Dollaert W.، "*A memetic algorithm for biobjective*

integrated forward/reverse logistics network design"; Computer and Operation Research، Vol. 37، 2010.

Qin، Z. a. (2009). *Logistics network design for product recovery in fuzzy environment*. European Journal of Operational Research ، 202، 479-490.

Thierry،M.،Salomon،M.،vanNunen،J.،van Wassenhove،L.،2004.*Strategic issues in product recovery management*.California Management،37(2):114-135.

Archive of SID

www.SID.ir