مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال دهم، شماره سوم (پیاپی ۳۸)، پاییز ۹۲، ص ص ۵۰-۴۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

در نظر گرفتن تسهیلات ترکیبی در مدل طراحی شبکه لجستیک حلقه بسته

احسان یادگاری[1*]، الهام بهمنش[2]، اکبر عالم تبریز[3]، فرهاد فرزد[4]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مدیریت و حسابداری
۲- دانشجوی کارشناس ارشد دانشگاه مازندران، دانشکده ریاضی
۳- دانشیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مدیریت و حسابداری
۴- استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مدیریت و حسابداری

رسید مقاله: ۱ بهمن ۱۳۹۱
پذیرش مقاله: ۲۷ خرداد ۱۳۹۲

چکیده

مسایل طراحی شبکه لجستیک شامل تصمیمات استراتژیکی می‌شوند که به پیکربندی زنجیره‌تامین اشاره و به عنوان مسایل زیرساختاری در مدیریت زنجیره‌تامین، اثرات دیرپایی روی تصمیمات تاکتیکی و عملیاتی شرکت دارند. مقاله حاضر به طراحی یک مدل غیرخطی طراحی شبکه لجیستیکی مستقیم و معکوس چندمحصولی، چند رده‌ای با در نظر گرفتن تسهیلات ترکیبی می‌پردازد که در نتیجه آن مکان مناسب برای احداث تسهیلات از بین مکان‌های بالقوه، ظرفیت مناسب هر تسهیل و هم‌چنین میزان جریان بهینه بین هر یک از لایه‌های شبکه به‌دست می آید.

کلمات کلیدی: طراحی شبکه زنجیره‌تامین، لجستیک حلقه بسته، برنامه‌ریزی غیر خطی عدد صحیح آمیخته.

۱ مقدمه

توسعه روزافزون رقابتی و جهانی شدن بازار محصولات، موجب شده که سازمان‌ها جهت بقای خود در بازار، تلاش‌های چشم‌گیری در راستای تامین و تدارک، تولید، توزیع کالا در شرکت خود به‌کارگیرند تا توان پاسخگویی به نیازهای متنوع مشتریان را در حداقل زمان و با صرف حداقل هزینه داشته باشند. در سالیان اخیر و با تشدید فضای رقابتی این موضوع که به عنوان یک عنصر در حیات اقتصادی و صنعتی شناخته شده است؛ بیش از پیش به عنوان یک مساله بسیار مهم مورد توجه قرار گرفته. در این میان مدیریت زنجیره‌تامین (SCM) به عنوان یکی از شاخه‌های مهم تحقیقاتی مورد توجه دانشگاهیان و نیز مدیران کلان سازمان‌های تولیدی و بنگاه‌های تجاری بوده است. مساله طراحی شبکه لجستیک جزو تصمیمات استراتژیکی است که به پیکربندی زنجیره تامین

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: e.yadegari@mail.sbu.ac.ir ;ehsanyadegari@yahoo.com

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-05]

اشاره دارد و به عنوان یک مساله زیرساختاری در مدیریت زنجیره تامین اثرات دیرپایی روی سایر تصمیمات تاکتیکی و عملیاتی شرکت دارد. در حالت کلی پروژه طراحی شبکه مقدار زیادی سرمایه را به خود اختصاص می‌دهد و تسهیلاتی که در حال حاضر مستقر می‌شوند؛ انتظار می‌رود که برای دوره زمانی طولانی مدت به‌کار گرفته شوند.

اخیراً به دلیل تمهیدات دولت، مسایل زیست محیطی و آلودگی و مسایل احتمالی و نیاز مشتریان توجه رو به رشدی به لجستیک معکوس شده و از طرفی در دودهه اخیر سازمان‌های زیادی مانند کوداک و زیراکس بر فعالیت های تولید مجدد و بازیافت تمرکز کرده و به موفقیت‌های چشم‌گیری از لحاظ اقتصادی دست یافته‌اند که می‌توان این امر را یکی دیگر از عوامل محرک به رو آوردن شرکت‌ها به برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل لجستیک معکوس به حساب آورد. از طرفی طراحی شبکه‌های لجستیکی مستقیم و معکوس به صورت جدا از هم موجب رویارویی سازمان‌ها با زیربهینگی می‌شود که این امر به اهمیت در نظر گرفتن شبکه‌ها به صورت یکپارچه مستقیم و معکوس می‌افزاید.

۲ مرور مقالات

بیشتر ادبیات موجود در زمینه طراحی شبکه‌های لجستیک شامل مدل‌های مختلف مکان‌یابی تسهیلات بر پایه برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح آمیخته است. این مدل‌ها انواع مختلفی را از مدل‌های ساده نظیر مکان‌یابی تسهیلات با ظرفیت نامحدود تا مدل‌های پیچیده‌تر نظیر مدل‌های چند رده‌ای با ظرفیت محدود شامل می‌شوند. جایارامان و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح آمیخته برای طراحی شبکه لجستیک معکوس با هدف حداقل‌سازی هزینه ارایه دادند. در این مقاله تنها به فعالیت‌های احیا محصولات برگشتی پرداخته‌شده‌است [۱]. یکی از عوامل مهم در طراحی شبکه لجستیک معکوس عدم قطعیت در تقاضا و هم‌چنین نوع و کیفیت محصولات برگشتی است. لیستس و دکر با در نظر گرفتن این موضوع در یک شبکه بازیافت سنگ به ارایه یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح پرداختند [۲]. آراس و همکاران به ارایه یک مدل غیرخطی برای تعیین محل مراکز جمع‌آوری محصولات مصرف شده در یک شبکه ساده لجستیک معکوس پرداخته‌اند و نکته قابل توجه در این مقاله توانایی مدل برای تعیین قیمت خرید محصولات مصرف‌شده از دارندگان آن می‌باشد[۳]. آستر و همکاران یک شبکه نیمه یکپارچه را که در آن شبکه لجستیک مستقیم، موجود فرض شده و تنها مراکز جمع‌آوری و احیا در لجستیک معکوس مکان‌یابی می‌شوند؛ طراحی کردند[۴]. برای طراحی شبکه لجستیک حلقه بسته فراهم آورندگان خدمات لجستیک طرف سوم، کو و ایوانزیک مدل پیشرفته دو هدفه برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته با ادغام مراکز توزیع با مراکز جمع‌آوری و مراکز احیا ارایه دادند. البته از حالت‌های مختلف احیا تنها جنبه تعمیرات مورد توجه قرار گرفت [۵]. افلیسچمن نشان داد که طراحی شبکه لجستیک به طور یکپارچه و همزمان در مقایسه با رویکرد سنتی می‌تواند موجب صرفه جویی قابل توجهی در هزینه‌ها گردد. سالما و همکاران (۲۰۰۷) سعی بر آن داشته تا با رفع ضعف‌های موجود در مقاله افلیسچمن مدلی عام‌تر به کمک برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح آمیخته ارایه دهند[۶]. یکی دیگر از مقالاتی که به خوبی به طراحی یکپارچه شبکه لجستیک مستقیم و معکوس

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-05]

پرداخته؛ مقاله لی و دانگ است که در آن از یک نوع تسهیل ترکیبی که هم نقش مراکز توزیع در جریان مستقیم و هم نقش مراکز جمع‌آوری در جریان معکوس را بر عهده دارد که برای طراحی شبکه لجستیک محصولات رایانه‌ای استفاده شده است[۷] . وانگ و سو یک لجستیک حلقه‌بسته توسعه دادند که در آن جریان‌های رو به جلو و برگشتی از مراکز توزیع به عنوان تسهیلات ترکیبی استفاده کردند و هم‌چنین آن‌ها الگوریتم ژنتیک بر مبنای درخت گسترده را برای حل مدل ارایه دادند [۸]. پشوایی و همکاران یک مدل طراحی شبکه زنجیره تامین رو به - جلو/ برگشتی دو هدفه ارائه دادند که در آن هزینه‌ها و پاسخگویی شبکه لجستیک به عنوان اهداف در نظر گرفته شده‌است. همچنین آن‌ها یک الگوریتم ممتیک چند هدفه را با به‌کار بردن سه جستجو محلی مختلف جهت به‌دست آوردن جواب‌های غیر مسلط توسعه دادند [۹].

در بخش سوم، مدل پیشنهادی بیان شده و ویژگی‌های آن شرح داده‌می‌شود. در بخش چهارم، نتایج عددی برای تایید مدل پیشنهادی به همراه تجزیه و تحلیل آن تشریح خواهد شد. در انتهای این مقاله، نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای تحقیقات بعدی در قالب بخش پنجم آورده خواهندشد.

۳ تشریح مساله و بیان مدل دریافتی

شبکه یکپارچه لجستیکی مستقیم/ معکوس به صورت یک مدل چندکالایی و چند رده‌ای ارایه گردیده‌است. در مدل طراحی‌شده در جریان مستقیم مواد اولیه برای تولید محصولات از تأمین‌کنندگان به مراکز تولید و احیا منتقل می‌شوند و سپس کالاهای تولید شده از مراکز تولید به مراکز توزیع و از آن‌جا به مشتریان منتقل می‌شوند.

در جریان معکوس، محصولات برگشتی پس از جمع‌آوری و بازرسی به سه گروه محصول قابل احیا، محصول نیاز به بازسازی و محصولات قراضه تقسیم می‌شوند. محصولات قابل احیا به مراکز تولید و احیا حمل شده و عملیات ساخت مجدد (احیا) روی آن‌ها انجام می‌گیرد. محصولات برگشتی که نیاز به بازسازی دارند به مراکز تأمین‌کنندگان انتقال می‌یابند و عملیات جداسازی روی آن‌ها انجام گرفته؛ قطعات قابل استفاده آن‌ها در اختیار تأمین‌کنندگان قرار می‌گیرد تا مجدداً از طریق جریان مستقیم وارد جریان تولید گردند و در نهایت محصولات قراضه به مراکز انهدام حمل شده؛ عملیات انهدام ایمن روی آن‌ها صورت می‌گیرد.

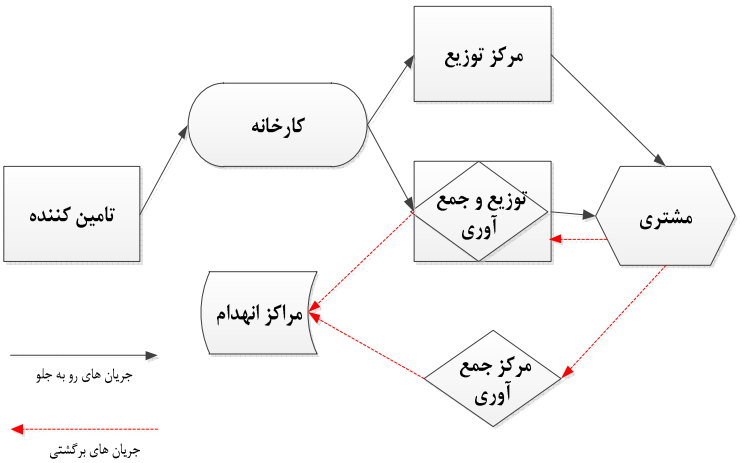
نکته مهم دیگری که در این مدل مورد توجه قرار گرفته‌است؛ استفاده از تسهیلات ترکیبی توزیع و جمع‌آوری است. این تسهیلات در جریان مستقیم نقش مراکز توزیع و در جریان معکوس نقش مراکز جمع‌آوری را ایفا می‌کنند و استفاده از این تسهیلات باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های احداث می‌گردد. از دیگر ویژگی‌های مدل ارایه شده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

جریان مواد تنها بین دو سطوح متوالی از لایه‌های شبکه می‌تواند برقرار شود و همچنین میزان مراوده بین تسهیلات در یک لایه وجود ندارد و در ضمن ظرفیت مربوط به تسهیلات به عنوان یک متغیر در نظر گرفته شده‌است. از مهم‌ترین تصمیمات اتخاذ شده در مدل ارایه شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مکان‌یابی و تعیین ظرفیت ایجاد هریک از تسهیلات (مراکز تولید و احیا، مراکز توزیع، مراکز جمع‌آوری و بازرسی و مراکز انهدام) از مجموعه مکان‌های بالقوه برای احداث هریک از آن‌ها.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-05]

- مقدار تولید هریک از محصولات نهایی در هریک از مراکز تولید.
- میزان محصول ارسالی بین اجزای شبکه.
- سطح ظرفیت مناسب برای هر یک از تسهیلات



شکل ۱. شبکه زنجیره‌تامین حلقه‌بسته

در ادامه به توضیح مدل حلقه بسته پیشنهادی پرداخته می‌شود که قبل از آن تعریفی از مجموعه‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم ارایه گردیده است.

۳-۱ مجموعه‌ها

P مجموعه محصولات تولیدی.

N مجموعه سطوح ظرفیت موجود برای تسهیلات.

V مجموعه مکان‌های ثابت تأمین کنندگان.

I مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز تولید و احیا.

J مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز توزیع.

K مجموعه مکان‌های ثابت مشتریان.

L مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز جمع‌آوری و بازرسی.

M مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز انهدام.

E مجموعه مکان‌های بالقوه ترکیبی مراکز جمع‌آوری و مراکز توزیع.

۳-۲ پارامترها

d_{kp} تقاضای مشتری مرکز k برای محصول p.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-05]

pr_p قیمت فروش واحد محصول p.

pc_{ip} هزینه واحد تولید محصول p در کارخانه i.

OC_j هزینه واحد عملیاتی در مرکز توزیع j.

IC_l هزینه واحد بازرسی در مرکز جمع‌آوری/ بازرسی l.

RMC_{ip} هزینه واحد دوباره تولید محصول p در کارخانه i.

RSC_p هزینه واحد بازسازی محصول p.

DC_p هزینه واحد انهدام محصول p.

CVI_{vip} هزینه واحد حمل و نقل محصول p برای انتقال از تأمین‌کننده v به کارخانه i.

CIJ_{ijp} هزینه واحد حمل و نقل محصول p برای انتقال از کارخانه i به مرکز توزیع j.

CJK_{jkp} هزینه واحد حمل و نقل محصول p برای انتقال از مرکز توزیع jبه مرکز مشتری k.

CKL_{klp} هزینه واحد حمل و نقل محصول p برای انتقال از مرکز مشتری k به جمع آوری / بازرسی l.

CLM_{lmp} هزینه واحد حمل و نقل محصول p برای انتقال از مرکز جمع آوری / بازرسی l به مرکز انهدام m.

CLI_{lip} هزینه واحد حمل و نقل محصول p برای انتقال از مرکز جمع آوری / بازرسی l به کارخانه i.

CLV_{lvp} هزینه واحد حمل و نقل محصول p برای انتقال از مرکز جمع آوری / بازرسی l به تأمین کننده v.

CAV_{vp} ظرفیت تأمین‌کننده v برای محصول p.

CAI_{ip}^{n} ظرفیت تولید برای مرکز تولید/ احیای i برای محصول P با سطح ظرفیت n.

CAJ_{jp}^{n} ظرفیت مرکز توزیع j برای محصول P با سطح ظرفیت n.

CAL_{lp}^{n} ظرفیت مرکز جمع‌آوری / بازرسی l برای محصول P با سطح ظرفیت n.

CAM_{mp}^{n} ظرفیت مرکز انهدام m با سطح ظرفیت n.

CAR_{rp}^{n} ظرفیت احیا برای مرکز تولید/ احیا i برای محصول p با سطح ظرفیت n.

CAS_{sp}^{n} ظرفیت بازسازی برای تأمین‌کننده v برای محصول P با سطح ظرفیت n.

FX_i^n هزینه ثابت تاسیس مرکز تولید/ احیا در مکان i با سطح ظرفیت n.

FY_j^n هزینه ثابت تاسیس مرکز توزیع در مکان j با سطح ظرفیت n.

FZ_l^n هزینه ثابت تاسیس مرکز جمع‌آوری/ بازرسی در مکان l با سطح ظرفیت n.

FU_m^n هزینه ثابت تاسیس مرکز انهدام در مکان m با سطح ظرفیت n.

$F_e^{nn'}$ میزان هزینه صرفه جویی شده در اثر ادغام مرکز توزیع با سطح ظرفیت n با مرکز جمع‌آوری/ بازرسی با سطح ظرفیت n' در مکان e.

rk_p متوسط نرخ برگشت محصولp که توسط مشتریان برگشت داده می‌شود.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-05]

ri_p نرخ دوباره تولید محصول p.

rm_p نرخ انهدام محصول p.

rv_p نرخ بازسازی محصول p

۳-۳ متغیرهای تصمیم

۳-۳-۱ متغیرهای تصمیم پیوسته

QVI_{vip} مقدار محصول p که در کارخانه i با استفاده از مواد اولیه تأمین‌کننده v تولید می‌شود.

QIJ_{ijp} مقدار محصول p که از کارخانه i به مرکز توزیع j فرستاده می‌شود.

QJK_{jkp} مقدار محصول p که از مرکز توزیع j به مشتری k فرستاده می‌شود.

QKL_{klp} مقدار محصول p که از مشتری k به مرکز جمع آوری/ بازرسی l فرستاده می‌شود.

QLI_{lip} مقدار محصول p که از مرکز جمع آوری/ بازرسی l به مرکز تولید و احیا i فرستاده می‌شود.

QLV_{lvp} مقدار محصول p که از مرکز جمع آوری/ بازرسی l به مرکز تأمین کننده v فرستاده می‌شود.

QLM_{lmp} مقدار محصول p که از مرکز جمع آوری/ بازرسی l به مرکز انهدام m فرستاده می‌شود.

۳-۳-۲ متغیرهای تصمیم گسسته

X_i^n
- ۱: اگر مرکز تولید/ احیا i با سطح ظرفیت n تاسیس شود.
- ۰: در غیر این صورت

Y_j^n
- ۱: اگر مرکز توزیع j با سطح ظرفیت n تاسیس شود.
- ۰: در غیر این صورت

U_m^n
- ۱: اگر مرکز انهدام m در سطح ظرفیت n تاسیس شود.
- ۰: در غیر این صورت

۳-٤ بیان ریاضی مدل

۳-٤-۱ تابع هدف

$$Max\ Z = TI - TC \quad (۱)$$

$$TI = \sum_j \sum_k \sum_p QJK_{jkp}.pr_p \quad (۲)$$

$$TC = \sum_i \sum_n FX_i^n.X_i^n + \sum_j \sum_n FY_j^n.Y_j^n + \sum_j \sum_k \sum_p QJK_{jkp}OC_j \quad (۳)$$

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-05]

$$+\sum_{k}\sum_{l}\sum_{p} QKL_{klp} IC_{l} + \sum_{l}\sum_{i}\sum_{p} QLI_{lip} RMC_{ip} + \sum_{l}\sum_{v}\sum_{p} QLV_{lvp} RSC_{p}$$
$$+\sum_{l}\sum_{m}\sum_{p} QLM_{lmp} DC_{p} + \sum_{v}\sum_{i}\sum_{p} QVI^{t}_{vip} CVI_{vip} + \sum_{i}\sum_{j}\sum_{p} QIJ^{t}_{ijp} CIJ_{ijp}$$
$$+\sum_{j}\sum_{k}\sum_{p} QJK_{jkp} CJK_{jkp} + \sum_{k}\sum_{l}\sum_{p} QKL^{t}_{klp} CKL_{klpt} + \sum_{l}\sum_{i}\sum_{p} QLI^{t}_{lip} CLI_{lipt}$$
$$+\sum_{l}\sum_{v}\sum_{p} QLV^{t}_{lvp} CLV_{lvpt} + \sum_{l}\sum_{m}\sum_{p} QLM_{lmp} CLM_{lmpt}$$

تابع هدف مدل تمرکز بر بیشینه‌سازی سود کل شبکه دارد؛ بدین صورت که کل هزینه‌های شبکه از درآمد کل شبکه کسر می‌شود. درآمد حاصل از فروش از ضرب جریان مواد انتقالی از مراکز توزیع به مشتریان در قیمت فروش محصولات حاصل می‌شود و هزینه‌های شبکه زنجیره‌تامین شامل هزینه ثابت احداث تسهیلات، هزینه تولید محصولات در کارخانه‌ها، هزینه عملیاتی در مراکز توزیع، هزینه بازرسی در مراکز جمع‌آوری، هزینه دوباره تولید در کارخانه‌ها، هزینه دوباره تولید در کارخانه‌ها، هزینه بازسازی برای تامین‌کنندگان و هزینه انهدام در مراکز انهدام و هزینه‌های حمل و نقل بین لایه‌های شبکه زنجیره تامین حلقه‌بسته می‌باشد. در ادامه به توضیح محدودیت‌های مدل لجستیک حلقه‌بسته می‌پردازیم.

۳-٤-۲ محدودیت‌های مدل

محدودیت تقاضا

$$\sum_{k} QJK_{jk} = d_{kp} \qquad \forall p \qquad (۴)$$

محدودیت (۴) تضمین می کند که تقاضای همه مشتریان به ازای تمامی محصولات ارضا گردد.

محدودیت‌های شبکه

$$\sum_{v} QVI_{vip} + \sum_{l} QLI_{lip} = \sum_{j} QIJ_{ijp} \qquad \forall i, p \qquad (۵)$$

$$\sum_{i} QIJ_{ijp} = \sum_{k} QJK_{jkp} \qquad \forall j, p \qquad (۶)$$

$$\sum_{j} QJK_{jkp} = rk_{p} \sum_{l} QKL_{klp} \qquad \forall k, p \qquad (۷)$$

$$\sum_{k} QKL_{klp} = \sum_{i} QLI_{lip} + \sum_{v} QLV_{lvp} + \sum_{m} QLM_{lmp} \qquad \forall l, p \qquad (۸)$$

محدودیت (۵) تضمین می‌کند که میزان جریان‌های ورودی به هر مرکز تولید و احیا با میزان جریان خروجی از آن گره برابر باشد. محدودیت (۶) تضمین می‌کند که میزان جریان‌های ورودی به هر مرکز توزیع با میزان جریان خروجی از آن گره برابر باشد. محدودیت (۷) تضمین می کند که تمامی محصولات برگشتی از مشتریان از طریق

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-05]

مراکز جمع‌آوری و بازرسی جمع‌آوری گردند. محدودیت (۸) تضمین می‌کند که میزان جریان‌های ورودی به هر مرکز جمع‌آوری و بازرسی، با میزان جریان خروجی از آن گره برابر باشد.

$$\sum_{v} QLV_{lvp} = rv_{p} \sum_{k} QKL_{klp} \qquad \forall p,l \qquad (۹)$$

$$\sum_{i} QLI_{lip} = ri_{p} \sum_{k} QKL_{klp} \qquad \forall l,p \qquad (۱۰)$$

$$\sum_{m} QLM_{lmp} = rm_{p} \sum_{k} QKL_{klp} \qquad \forall l,p \qquad (۱۱)$$

محدودیت (۹) تضمین می‌کند که درصد مشخصی از محصولات بازگشتی از طریق مراکز جمع‌آوری و بازرسی به مراکز انهدام برای عملیات انهدام ایمن منتقل شوند. محدودیت (۱۰) تضمین می‌کند که درصد مشخصی از محصولات بازگشتی از طریق مراکز جمع‌آوری و بازرسی به مراکز تولید و احیا برای عملیات دوباره تولید منتقل شوند.

محدودیت (۱۱) تضمین می‌کند که درصد مشخصی ازمحصولات بازگشتی از طریق مراکز جمع‌آوری و بازرسی به تامین‌کنندگان منتقل شوند.

محدودیت ظرفیت

$$\sum_{l} QLV_{lvp} \le \sum_{n} CAS_{vp}^{n} \qquad \forall v,p \qquad (۱۲)$$

$$\sum_{l} QLI_{lip} \le \sum_{n} CAR_{ip}^{n}.X_{i}^{n} \qquad \forall i,p \qquad (۱۳)$$

$$\sum_{l} QLM_{lmp} \le \sum_{n} CAM_{mp}^{n}.U_{m}^{n} \qquad \forall m,p \qquad (۱۴)$$

$$\sum_{v} QVI_{vip} \le \sum_{n} CAI^{n}.X_{i}^{n} \qquad \forall i,p \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{i} QIJ_{ijp} \le \sum_{n} CAJ_{jp}^{n}.Y_{j}^{n} \qquad \forall j,p \qquad (۱۶)$$

$$\sum_{k} QKL_{klp} \le \sum_{n} CAL_{lp}^{n}.Z_{l}^{n} \qquad \forall l,p \qquad (۱۷)$$

$$\sum_{l} QLI_{lip} + \sum_{v} QLV_{lvp} + \sum_{m} QLM_{lmp} \le \sum_{n} CAL_{l}^{n}.Z_{l}^{n} \qquad \forall l,p \qquad (۱۸)$$

محدودیت‌های (۱۸-۱۲) جریان بین اجزای شبکه چه در جهت مستقیم و چه در جهت معکوس را به گونه‌ای تنظیم می‌نمایند که از حداکثر ظرفیت تسهیلات مورد نظر تجاوز ننمایند.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-05]

سایر محدودیت‌ها

$$\sum_{n} X_{i}^{n} \leq ۱ \qquad \forall i \qquad (۱۹)$$

$$\sum_{n} Y_{j}^{n} \leq ۱ \qquad \forall j \qquad (۲۰)$$

$$\sum_{n} Z_{l}^{n} \leq ۱ \qquad \forall l \qquad (۲۱)$$

$$\sum_{n} U_{m}^{n} \leq ۱ \qquad \forall m \qquad (۲۲)$$

$$QVI_{vip}, QIJ_{ijp}, QJK_{jkp}, QKL_{klp}, QLI_{lip}, QLV_{lvp}, QLM_{lmp} \geq ۰ \qquad (۲۳)$$

$$X_{i}^{n}, Y_{j}^{n}, Z_{l}^{n}, U_{m}^{n} \in \{۰,۱\} \qquad (۲۴)$$

محدودیت (۱۹) تضمین می‌نماید که در هر مکان حداکثر یک مرکز تولید/ احیا و با یک سطح ظرفیت تخصیص یابد. محدودیت (۲۰) تضمین می‌نماید که در هر مکان حداکثر یک تامین‌کننده و با یک سطح ظرفیت تخصیص یابد. محدودیت (۲۱) تضمین می‌نماید که در هر مکان حداکثر یک مرکز جمع‌آوری/ بازرسی و با یک سطح ظرفیت تخصیص یابد. محدودیت (۲۲) تضمین می نماید که در هر مکان حداکثر یک مرکز انهدام و با یک سطح ظرفیت تخصیص یابد. محدودیت‌های (۲۴-۲۳) ماهیت صفر و یک متغیرهای تصمیم گسسته و غیر منفی بودن متغیرهای تصمیم پیوسته را نشان می‌دهند.

٤ نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح برای طراحی شبکه لجستیک مستقیم/ معکوس ارایه شده است که تابع هدف آن متمرکز بر بیشینه‌سازی سود کل شبکه می‌باشد. مدل ارایه شده به صورت چندمحصولی، چندرده‌ای ارایه گردیده که با در نظر گرفتن تسهیلات ترکیبی در شبکه مورد نظر باعث جلوگیری از زیر بهینگی و در نتیجه کاهش هزینه‌ها و افزایش سود می‌شود.

مواردی که در ذیل اشاره شده‌است را می‌توان به عنوان جنبه‌هایی برای تحقیقات آتی بیان کرد:

- لحاظ سیاست های تخفیف در بخش‌های خرید به مواد اولیه و فروش محصول در مدل.
- در نظر گرفتن عدم قطعیت در تقاضای کالاهای برگشتی و همچنین هزینه‌های حمل و نقل.
- ارایه رویکردی بر مبنای بهینه‌سازی استوار برای مدل‌های چند هدفه طراحی شبکه زنجیره تامین.
- ارایه روش‌های حل کارا برای مسایل در ابعاد واقعی.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-05]

منابع

[1] Jayaraman, V., Guige, Jr VDR., Srivastava, R. A., (1999). closed-loop logistics model for remanufacturing. Journal of the Operational Research Society.

[2] Listes, O., Dekker, R., (2005).A stochastic approach to a case study for product recovery network design. European Journal of Operational Research.

[3] Aras, N., Aksen, D., Tanugur, A. (2007). Locating collection centers for incentive- dependent returns under a pick-up policy with capacitated vehicles. European Journal of Operational Research.

[4] Uster, H., Easwaran, G., ElifAkc- ali, E. ,SilaC- etinkaya, S., (2007). Bendersdecomposition with alternative multiple cuts for a multi-product closed-loop supply chain network design model. Naval Research Logistic.

[5] Ko, H., Evans, G., (2008). A genetic-based heuristic for the dynamic integrated forward/reverse logistics network for 3PLs. Computers & Operations Research.

[6] Fleischmann, M., Beullens, P., Bloemhof-ruwaard, JM., Wassenhove, L., (2001). The impact of product recovery on logistics network design. Production and Operations Management.

[7] Lee, D., Dong, M., (2008). A heuristic approach to logistics network design for end-of- lease computer products recovery. Transportation Research Part E.

[8] Wang, H., Su,H., (2010). A closed-loop logistic model with a spanning-tree based genetic algorithm. Computers & Operations Research.

[9] Pishvaee, M. S., Farahani, R. Z., Dullaert, W., (2010). A memetic algorithm for biobjective integrated forward/reverse logistics network design. Computers & Operations Research.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-05]