مدلسازی عملکرد شرکت‌های لجستیکی طرف چهارم (4PL) در یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر تعبیه مسیر پشتیبان و تضمین زمان تحویل در شبکه حمل و نقل

مقاله علمی – پژوهشی

مهدی قائمی اصل*، استادیار، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.ghaemi@khu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۶– پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۸
صفحه ۱۰۸-۹۷

چکیده

ارایه خدمات لجستیکی طرف چهارم از نوع یکپارچه‌سازی منابع، قابلیت‌ها و فناوری‌های سازمان اصلی با سایر شرکت‌ها و سازمان‌ها (شامل تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و شرکت‌های 3PL) است. در این پژوهش بر مبنای دامنه عملکردی شرکت‌های لجستیکی طرف چهارم (4PL) با استفاده از الگوریتم فراابتکاری جستجوی محلی تکراری (ILS) - مبتنی بر پیش‌بینی مسیر پشتیبان ضامن امنیت شبکه حمل و نقل و تضمین زمان تحویل مقرر تحویل در فرآیند توزیع - الگویی برای عملکرد بهینه یک شرکت 4PL معرفی شده است. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که الگوریتم طراحی‌شده با حداقل‌سازی هزینه‌های لجستیکی کل، به شیوه‌ای موثر می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های بهینه شرکت‌های 4PL مورد استفاده قرار گیرد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که برای تامین شبکه‌ای امن و تضمین تحویل به موقع کالا و ارایه خدمات در شبکه‌ای شامل ۱۲ زوج عرضه-تقاضا، ۳۰ شرکت ارایه خدمات 3PL و ۳۹۱ شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل لازم است و در عین حال کمترین هزینه تامین یک شبکه این چنینی نیز به ۱۵۵۹۰۶٫۶۷ واحد می‌رسد. به علاوه در صورتی که شرکت 4PL به عنوان مدیر شبکه حمل و نقل، با ۶ یا کمتر از ۶ زوج عرضه-تقاضا مواجه باشد، باید از ۲۲ شرکت ارایه خدمات 3PL در کنار ۲۴۲ شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل استفاده نماید. بر همین مبنا یکپارچه‌سازی فعالیت شرکت‌های 3PL در قالب یک شرکت 4PL، می‌تواند تاثیر بسزایی بر ارتقاءِ کیفی و کمی تصمیم‌گیری‌ها و ارزش افزوده زنجیره تامین از طریق بکارگیری الگوهای نوین کسب و کار، داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم فراابتکاری جستجوی محلی تکراری (ILS)، امنیت شبکه حمل و نقل، تضمین زمان تحویل، شرکت‌های لجستیکی طرف چهارم (4PL)، مسیر پشتیبان

۱-مقدمه

زنجیره تامین، سیستمی متشکل از سازمان‌ها، افراد، تکنولوژی، فعالیت‌ها، اطلاعات و منابع مالی است که در مراحل رساندن یک کالا یا خدمت از تامین کننده تا مشتری درگیر است. مدیریت زنجیره تامین ابزاری برای بهینه کردن زنجیره تامین از طریق مدیریت یکپارچه است (Wang *et al.* 2009). این مدیریت یکپارچه شامل مدیریت تولید، حمل و نقلی، موجودی، سیستم‌های اطلاعاتی، جابجایی مواد، مشتریان و مدیریت فرایندهای دیگر است. یکی از رویکردها در مدیریت زنجیره تامین، برون‌سپاری فعالیت‌ها است که معمولاً سازمان‌ها در این بعد، مهارت کمتری دارند. برون سپاری فعالیت‌ها به سازمان‌ها اجازه تمرکز روی عملکرد اصلی خود را می‌دهد (Tezuka

2011). در عالم تجارت، برون‌سپاری تعهدی از طرف شخص سوم جهت انجام فرایندهای تجاری است که این واژه از ابتدای قرن ۲۱ در امریکا مشهور شد. برون سپاری گاهی اوقات به معنای انتقال کارمندان و ماشین‌آلات به یک یا چند شرکت دیگر است که دو سازمان در یک توافق دوطرفه، وارد تبادل خدمات و منابع مالی می‌شوند (Holcomb *et al.* 2007). برون‌سپاری می‌تواند انعطاف‌پذیری بیشتری در بودجه‌بندی و کنترل ارایه دهد. برون‌سپاری اجازه می‌دهد که سازمان فقط برای خدمات و زمانی که به آنها نیاز دارد هزینه پرداخت کند. در واقع این عمل، کاهش نیاز به استخدام و آموزش پرسنل متخصصی، در تخصصی‌های مهندسی تازه را به ارمغان می‌آورد، و باعث کاهش سرمایه و عامل هزینه خواهد شد (Hoos and Stützle 2004).در این میان، یکی از روش‌های نوین مدیریت زنجیره تامین، برون‌سپاری عملیات لجستیکی است. لجستیک، مدیریت جریان کالا به منظور برآورده کردن نیازها (به طور مثال، نیازهای مشتریان و سازمان‌ها) بین نقطه اولیه و نقطه مصرف است. منابع مدیریت شده در لجستیک شامل اقلام فیزیکی مانند. غذا، مواد، حیوانات، ابزار، مایعات و اقلام انتزاعی مانند زمان، اطلاعات، گزاره و انرژی است. لجستیک بخش بسیار مهم و حیاتی هر کسب و کار بوده به طوری که براساس آمارهای سال ۲۰۱۲، هزینه های لجستیکی حدود ۸۵ درصد تولید ناخالص در دنیا بوده است (Wilson 2013). به موازات گسترش مفهوم برون‌سپاری، صنایع نوینی از جمله شرکت های لجستیکی طرف سوم (3PL)، چهارم (4PL) و پنجم (5PL) اهمیت خاصی پیدا نموده است (Safaei *et al.*2016). در این پژوهش بر مبنای دامنه عملکردی شرکت‌های لجستیکی طرف چهارم (4PL) با استفاده از الگوریتم فراابتکاری جستجوی محلی تکراری (ILS) مبتنی بر پیش‌بینی مسیر پشتیبان ضامن امنیت شبکه حمل و نقل و تضمین زمان تحویل مقرر تحویل در فرآیند توزیع، الگویی برای عملکرد بهینه یک شرکت 4PL معرفی شده است. بدین منظور در ادامه پس از ارایه مبانی نظری و پیشینه پژوهش، روش پژوهش و نتایج حاصل ارایه شده و در نهایت تحلیل نتایج و نتیجه‌گیری تبیین شده است.

۲-پیشینه تحقیق

با توجه به استقبال روزافزون از شرکت‌های لجستیکی در دنیای رقابتی کنونی و رشد و توسعه این‌گونه شرکت‌ها، در این بخش تلاش شده است تا تصویری شفاف از نسل‌های مختلف شرکت‌های لجستیکی ارایه شود (Soleymani Sadehi 2013). ارایه‌دهندگان خدمات لجستیکی طرف اول (1PL) همان شرکت یا شخص حقیقی است که محصول خود را از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر حمل می‌کند. عبارت «ارایه‌دهندگان خدمات لجستیکی طرف اول» هم به ارسال‌کننده بار و هم به دریافت‌کننده بار اطلاق می‌شود. یک 1PL ممکن است یک سازنده، تاجر، واردکننده، صادرکننده، عمده‌فروش، خرده‌فروش یا توزیع‌کننده‌ای در حوزه تجارت بین‌الملل باشد.ارایه‌دهندگان خدمات لجستیکی طرف دوم (2PL)، متصدیان حمل‌ونقلی هستند که دارای دارایی‌های سرمایه‌ای (همچون کامیون، فضای انبار و مانند اینها) بوده و به‌طور واقعی همه ملزومات انجام حمل‌ونقل را دارا هستند. خطوط حمل‌ونقل دریایی که کشتی‌هایی را تحت مالکیت یا در اجاره خود دارند، شرکت‌های خطوط هوایی که هواپیماهایی را تحت مالکیت یا در اجاره خود دارند و شرکت‌های حمل‌ونقل زمینی بار که کامیون‌هایی را تحت مالکیت یا در اجاره خود دارند نمونه‌های بارزی از 2PLها هستند. ارایه‌دهندگان خدمات لجستیکی طرف سوم، شرکت‌هایی هستند که خدمات لجستیکی برونسپاری شده را در قالب قراردادهایی مشخص (معمولاً بلندمدت) برای شرکت‌ها انجام می‌دهند. شرکت‌های 3PL معمولاً قسمتی یا گاهی وقت‌ها کل کارکردهای مدیریت زنجیره تامین شرکت‌های طرف قرارداد خود را برعهده می‌گیرند.

به عبارتی، شرکت‌های خدمات لجستیک طرف سوم به شرکت‌هایی گفته می‌شود که سازمان‌های تولیدی یا خدماتی، بخشی یا کل امور لجستیکی خود را به آن‌ها برون‌سپاری می‌کنند. این شرکت‌ها معمولاً در حوزه‌های حمل‌ونقل و انبارداری متخصص هستند و قادرند خدمات خود را با انواع مختلف و متنوعی از محصولات منطبق سازند. ارایه‌دهندگان خدمات لجستیکی طرف چهارم به‌صورت یک تشکیلات مستقل هستند که اساس آن نه بر پایه دارایی‌های سرمایه‌ای

خدمات لجستیکی (مثل وسایل حمل‌ونقل و نگهداری) بلکه از نوع یکپارچه‌کنندگی است که منابع، قابلیت‌ها و فناوری‌های سازمان خود را با سایر شرکت‌ها و سازمان‌ها (شامل تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و شرکت‌های 3PL) یکپارچه کرده و از این طریق، راه‌حل‌های مدیریت زنجیره تامین جامع را برای مشتریانش طراحی، ایجاد و اجرا می‌کند. ارایه‌دهندگان خدمات لجستیکی طرف پنجم، تقاضاهای مختلف شرکت‌های 3PL و اعضای مختلف زنجیره تامین را در یک ظرفیت حجیم تجمیع و یکجا می‌کند تا از این طریق آنها بتوانند با مذاکرات دوجانبه امکان توافق روی نرخ‌های مطلوب‌تری با شرکت‌های حمل‌ونقل (زمینی، دریایی، هوایی) داشته باشند. این نسل از ارایه‌دهندگان خدمات لجستیکی همچون نسل قبل (چهارم) بر پایه دارایی‌های سرمایه‌ای نبوده بلکه تلاش می‌کنند تا خدمات خود را در یک بستر الکترونیکی ارایه دهند. شریفی و همکاران به طراحی مدل شبکه‌ای مناسب جهت تهیه و توزیع کالا در کشور پرداخته‌اند. تمرکز مدل بر دستیابی به کارایی، بهره‌وری، صرفه‌جویی نسبت به مقیاس و کاهش هزینه توزیع کالا در کشور است. نتایج تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که سیستم توزیع کالا در کشور از لحاظ زیرساخت‌ها و عملکرد از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست. سنتی و جزیره‌ای بودن ساختار توزیع کالا در کشور باعث افزایش هزینه‌های توزیع کالا به بالاتر از ۵۰٪ قیمت نهایی کالاها شده است (Sharifi *et al.* 2012). باشکوه و علی‌پور هماهنگی کانال توزیع چندگانه و تأثیر آن بر عملکرد عرضه‌کنندگان در صنعت الکترونیک با رویکرد نظریه مبادله اجتماعی را مورد بررسی قرار داده‌اند. داده‌های پژوهش با استفاده از پرسش‌نامه گردآوری شدند و تحلیل داده‌ها با کمک از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری انجام گرفت. یافته‌ها نشان می‌دهند مولفه‌های اجتماعی، مانند اعتماد و تعهد، موجب هماهنگی کانال توزیع چندگانه و ارتقای عملکرد عرضه‌کننده می‌شود و با افزایش عدم اطمینان محیطی، اثرگذاری مؤلفه‌های اعتماد و تعهد در افزایش عملکرد عرضه‌کنندگان بیشتر می‌شود (Bashokuh and Alipour 2013). قنبرپور به منظور بررسی عوامل موثر بر افزایش کارایی در کانال‌های توزیع مویرگی، ابتدا به بررسی روند کاری شرکت‌های پخش مویرگی پرداخته و سپس راه حل‌هایی برای اصلاح و بهبود و افزایش کارایی این فرآیند حیاتی و توزیع کالا ارایه نموده است. به طور خاص هدف از این مقاله نیز ارزیابی عملی این مهم است که تا چه میزان متغیرهای بسیار مهمی همچون بهبود فناوری، استفاده از برندهای مشهور و کامل بودن سبد محصول و مدیریت بهینه حمل و نقل و انبار و استفاده از روش‌های کارا و بهره ور در وصول مناسب و به موقع می‌تواند بر افزایش کارایی (که در این تحقیق شرکت به پخش مورد بررسی قرار گرفته‌اند) بیافزاید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که توجه به این عوامل بر افزایش کارایی و کاهش هزینه ها در نتیجه سودآوری شرکت می‌تواند موثر باشد (Ghanbarpour 2013). صفایی و همکاران در مقاله خود با عنوان «مطالعه موردی انتخاب مراکز پخش یک شرکت لجستیکی طرف سوم»، به مطالعه یکی از شرکت‌های تازه تاسیس زیرمجموعه شرکت کاله ایران پرداخته‌اند که برای ایجاد مراکز پخش و توزیع محصولات لبنی در ایران برنامه ریزی می‌نماید. در این تحقیق پانزده مکان کاندید مناسب برای ایجاد مراکز پخش این شرکت لجستیکی طرف سوم درنظرگرفته شده است. سپس از بین این پانزده مکان مختلف در ایران با استفاده نظرات خبرگان و بهره‌گیری از روش‌های جدید تصمیم‌گیری، تجزیه و تحلیل نسبت تخصیص وزن به صورت پله‌ای و تخصیص مجموع ضرب تجمعی، هشت مکان برای ایجاد مرکز پخش انتخاب شده است (Safaei *et al.* 2016).

۳-روش پژوهش

ارایه‌دهندگان خدمات لجستیکی طرف چهارم به عنوان یک راه حل ایده ال اجازه می‌دهند تا شرکت‌ها در سراسر جهان و از طیف متنوعی از صنایع به یک نقطه از پاسخگویی در عرضه و زنجیر تقاضا برسند. شرکت‌ها به تدریج متوجه شده‌اند که در اقتصاد امروز جهان، نه تنها تمرکز فقط بر هسته بلکه فعالیت‌های غیر هسته مانند مدیریت زنجیره تامین از راه دور به منظور حفظ توان رقابتی به امر مهمی تبدیل گشته است. علاوه بر این، آنها با تبدیل شدن به شرکت‌های

لجستیکی طرف چهارم، ایجاد روابط نزدیک میان شرکت کنندگان در طول زنجیره تامین، حمایت از طرح‌های برش هزینه، توسعه انعطاف‌پذیری لازم برای مقابله با عرضه و عدم قطعیت تقاضا را کلید زده‌اند (Saglietto 2013).

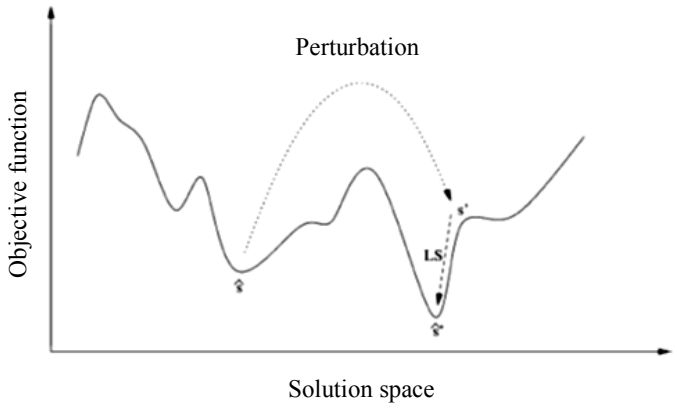
به منظور طراحی عملکرد بهینه شرکت‌های 4PL، مسائل بهینه‌یابی گوناگونی تصریح شده است. بسیاری از این مسائل بهینه‌سازی، از جمله مسائل با درجه غیر چندجمله‌ای هستند و به صورت تقریبی قابل حل می‌باشند. از جمله راه‌حل‌های موجود در برخورد با این گونه مسائل، استفاده از الگوریتم‌های تقریبی یا ابتکاری است. مشکل اینجاست که این الگوریتم‌ها تضمینی نمی‌دهند که جواب به دست آمده بهینه باشد و تنها با صرف زمان بسیار می‌توان جواب نسبتاً دقیقی به دست آورد و در حقیقت بسته به زمان صرف شده، دقت جواب تغییر می‌کند. الگوریتم‌های فراابتکاری به صورت فرآیندهای تولید تکراری تعریف می‌شود که یک تابع اکتشافی فرعی را با ترکیب هوشمند مفاهیم متفاوت برای کاوش و استخراج فضای جستجو، هدایت می کند و در آن استراتژی‌های یادگیری برای اطلاعات ساختاری، جهت یافتن راه حل‌های کارای نزدیک به بهینه، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حقیقت الگوریتم‌های فراابتکاری یک فرآیند اصلی تکراری است که عملیات توابع اکتشافی فرعی را برای تولید کارای راه حل‌های با کیفیت بالا هدایت می‌کند. این فرآیند یک روش واحد کامل (یا ناکامل) یا مجموعه‌ای از راه حلها در هر تکرار را به کار می‌گیرد. توابع اکتشافی فرعی می‌توانند رویه‌های سطح بالا (یا پایین) در یک جستجوی محلی ساده یا فقط یک روش ساختاری باشند (Blum and Roli 2003). در میان الگوریتم‌های فراابتکاری، روش جستجوی محلی تکراری (ILS)، کلی ترین طرح در استراتژی‌های کاوشگرانه است (Hoos and Stützle ; Arya *et al.* 2004 2004). جستجوی محلی وقتی موثر است که بتواند کمینه‌های محلی خوبی بیابد یعنی چاله‌هایی که دارای این ویژگی باشند. جستجوی موثر می‌تواند به جای مجموعه همه حالت‌ها، به صورت یک خط سیر، در مجموعه بهینه‌های محلی $\hat{s}$ طراحی شود. بهم ریختگی $\hat{s}$ ، برای تولید نقطه شروعی برای جستجوی محلی است که به کمینه محلی متفاوتی از $\hat{s}$ ، برسیم. ولی این کمینه محلی جدید می‌تواند از کمینه محلی تولید شده توسط شروع مجدد تصادفی بهتر باشد. معیار پذیرش به صورت یک ضد تعادل عمل می‌کند، به این صورت که بسته به ویژگی‌های کمینه محلی جدید، بازخوردی به عمل به هم ریختگی می‌فرستد. نمودار (۱) یک مرحله از ILS را نشان می‌دهد که در آن کمینه محلی $\hat{s}$ دچار آشفتگی شده، سپس LS اعمال گشته و کمینه محلی جدید یافت می‌شود (Talbi 2009).

٤-الگوی پژوهش

با توجه به اینکه شرکت‌های 4PL، نیازمند انجام وظایف لجستیکی میان زوج‌های عرضه-تقاضا هستند، طراحی شبکه تعاملی میان طرف‌های متقاضای و عرضه‌کننده متعدد، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. بروز مخاطرات طبیعی و حوادث پیش‌بینی‌نشده، می‌توان خطری جدی برای عملکرد بهینه و مطمئن شرکت‌های 4PL باشد و آن‌ها را متحمل ضررهای اقتصادی قابل‌توجهی کند. از سوی دیگر ارایه خدمات لجستیکی به موقع، دقیق و منظم، همواره جزء مهم‌ترین نقاط قوت شرکت‌های 4PL بوده است.

به منظور خدمت‌رسانی لوجستیکی کارآمد در مجموعه‌ای از 3PL هایی که از طریق یک 4PL با یکدیگر مرتبط شده‌اند، لازم است کالاها با سرعت و سطح رضایتمندی کافی در خصوص زمان تحویل، میان نقاط عرضه و تقاضا، حمل و نقل شوند. از این رو، مسئله امنیت و اطمینان خاطر در کنار مسئله دقت و سرعت در تحویل کالا و ارایه خدمات در زنجیره تامین و فرآیند پخش، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در مطالعات زیادی از جمله وانگ و آیپ، کوناک و بارتلوچی، گروسان و همکاران، میلر- هاکس و همکاران، ژائو و همکاران، آیش و نیث و بریید و دی‌ورایس مورد تاکید قرار گرفته و در طراحی الگوی نحوه عملکرد شرکت-های 4PL به عنوان یک فاکتور استراتژیک وارد شده است (Wang *et al.* 2009, Konak and Bartolacci 2007, Grosan *et al.* 2009, Miller-Hooks *et al.*, 22012, Zhao *et al.* 2011, Ash and Newth, 2007, Brede and de Vries, 2009).

در این مطالعه بر مبنای الگوی ارایه شده در مطالعه لی و همکاران (Li *et al.* 2016 May, Li *et al.* 2016 July) و با اتخاذ یک رویکرد تلفیقی، الگوی عملکردی یک شرکت 4PL در چارچوب شبکه حمل و نقل مورد مطالعه قرار گرفته است. بر این اساس، فعالیت یک شرکت 4PL در شبکه‌ای متقاضایان و عرضه‌کنندگان متعدد، از دو مولفه اصلی تشکیل می‌شود: «گره‌ها» و «لینک‌ها». گره‌ها نشان‌دهنده نقاط عرضه، نقاط تقاضا و نقاط ارایه خدمات شرکت‌های 3PL هستند. لینک‌های بین دو گره نیز نشان‌دهنده شرکت‌های 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل هستند. به منظور پوشش ریسک‌های طبیعی و مخاطرات پیش‌بینی‌نشده در خصوص دسترسی به گره‌های شرکت‌های 3PL و شرکت‌های 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل، یک مسیر پشتیبان (مسیر جایگزین ضامن امنیت شبکه حمل و نقل) نیز برای هر یک از زوج‌های عرضه-تقاضا در نظر گرفته شده می‌شود تا امنیت شبکه تامین شود. در چنین شرایطی، شرکت 4PL به عنوان یک رابط لاجستیکی، ویژگی‌های شبکه دسترسی را با توجه به گره‌های شرکت‌های 3PL و نقاط شرکت‌های 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل به نحوی بهینه می‌کند که امنیت شبکه تضمین شود. نمادها و پارامترها و متغیرهای تصمیم مورد استفاده در الگوریتم فراابتکاری جستجوی محلی تکراری، به ترتیب در ادامه معرفی شده‌اند. شرکت لجستیکی طرف چهارم (4PL) با در اختیار داشتن متغیرهای تصمیم فوق و با تامین قیود شبکه حمل و نقل به ویژه تضمین زمان تحویل مقرر، با استفاده از تابع هدفی به صورت رابطه (۱) اقدام به طراحی شبکه‌ای امن و مطمئن و برخوردار از مسیر پشتیبان (مسیر جایگزین ضامن امنیت شبکه حمل و نقل) خواهد کرد. قیود تابع هدف (رابطه)) نیز به صورت روابط (۲) تا (۱۶) خواهند بود.



نمودار ۱. یک مرحله دلخواه از ILS (Talbi 2009)

جدول ۱. نمادها و پارامترها در الگوریتم فراابتکاری جستجوی محلی تکراری (ILS)

S	نقاط عرضه
L	نقاط تقاضا
U	نقاط شرکت‌های ارایه خدمات 3PL
V	گره‌ای شامل نقاط عرضه، تقاضا و شرکت‌های ارایه خدمات 3PL ($V = L \cup S \cup U$)
K_{ij}	شرکت‌های 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل بین دو نقطه i و j ($\forall i,j \in V$)
P	زوج‌های عرضه-تقاضا
d^p	مقدار کالای مورد توافق زوج p ام عرضه-تقاضا ($\forall p \in P$)
H_i	هزینه ثابت ایجاد شرکت i ام ارایه خدمات 3PL ($\forall i \in U$)
C_i	هزینه سرانه فرآیندهای شرکت i ام ارایه خدمات 3PL ($\forall i \in U$)
T_i	زمان انجام عملیات‌های فرآیندی شرکت i ام ارایه خدمات 3PL ($\forall i \in U$)
h_{ijk}	هزینه ثابت عملیاتی شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل k ام میان دو نقطه i و j ($\forall i,j \in V\ ;\ \forall k \in K_{ij}$)
c_{ijk}	هزینه سرانه فرآیندی شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل k ام میان دو نقطه i و j ($\forall i,j \in V\ ;\ \forall k \in K_{ij}$)
t_{ijk}	زمان لازم برا انتقال کالا با استفاده از شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل k ام میان دو نقطه i و j ($\forall i,j \in V\ ;\ \forall k \in K_{ij}$)

جدول ۲. متغیرهای تصمیم در الگوریتم فراابتکاری جستجوی محلی تکراری (ILS)

$x_{ijk} \in \{0,1\}$	به نحوی که اگر شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل k ام برای ارایه خدمات بین نقاط i و j انتخاب شود، آنگاه خواهیم داشت $x_{ijk} = 1$ و در غیر این صورت داریم $x_{ijk} = 0$.
$y_i \in \{0,1\}$	به نحوی که اگر شرکت ارایه خدمات 3PL برای ارایه خدمات بین نقاط i و j انتخاب شود، آنگاه خواهیم داشت $y_i = 1$ و در غیر این صورت داریم $y_i = 0$.
$a_{ijk}^p \in \{0,1\}$	به نحوی که اگر شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل k ام برای ارایه خدمات بین نقاط i و j از مسیر اولیه میان زوج عرضه-تقاضای p ام انتخاب شود، آنگاه خواهیم داشت $a_{ijk}^p = 1$ و در غیر این صورت داریم $a_{ijk}^p = 0$.
$b_i^p \in \{0,1\}$	به نحوی که اگر شرکت ارایه خدمات 3PL در نقطه i برای ارایه خدمات از مسیر اولیه میان زوج عرضه-تقاضای p ام انتخاب شود، آنگاه خواهیم داشت $b_i^p = 1$ و در غیر این صورت داریم $b_i^p = 0$.
$\varepsilon_{ijk}^p \in \{0,1\}$	به نحوی که اگر شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل k ام برای ارایه خدمات بین نقاط i و j از مسیر پشیبان (مسیر جایگزین ضامن امنیت شبکه حمل و نقل) مابین زوج عرضه-تقاضای p ام انتخاب شود، آنگاه خواهیم داشت $\varepsilon_{ijk}^p = 1$ و در غیر این صورت داریم $\varepsilon_{ijk}^p = 0$.
$\tau_i^p \in \{0,1\}$	به نحوی که اگر شرکت ارایه خدمات 3PL در نقطه i برای ارایه خدمات از مسیر پشیبان (مسیر جایگزین ضامن امنیت شبکه حمل و نقل) میان زوج عرضه-تقاضای p ام انتخاب شود، آنگاه خواهیم داشت $\tau_i^p = 1$ و در غیر این صورت داریم $\tau_i^p = 0$.
X	بردار شامل تمامی متغیرهای تصمیمِ x_{ijk}.
Y	بردار شامل تمامی متغیرهای تصمیمِ y_i.

جدول ۳. تابع هدف و قیود تابع هدف در الگوریتم فراابتکاری جستجوی محلی تکراری (ILS)

تابع هدف	
$min\, C(X,Y) = \sum_{i\in U} H_i y_i + \sum_{i\in V}\sum_{j\in V}\sum_{k\in K_{ij}} h_{ijk}\, x_{ijk} + \sum_{p\in P}\left(d^p\left(\sum_{i\in V}\sum_{j\in V}\sum_{k\in K_{ij}} c_{ijk}\, a_{ijk}^p + \sum_{i\in U} C_i b_i^p\right)\right)$	(۱)
قیود تابع هدف	
$\sum_{i\in V}\sum_{j\in V}\sum_{k\in K_{ij}} c_{ijk}\, a_{ijk}^p + \sum_{i\in U} C_i \tau_i^p \le \alpha^p \qquad \forall p \in P$	(۲)
$\sum_{i\in V}\sum_{j\in V}\sum_{k\in K_{ij}} \varepsilon_{ijk}^p\, a_{ijk}^p + \sum_{i\in U} b_i^p \tau_i^p \le n^p \qquad \forall p \in P$	(۳)
$\sum_{i\in V}\sum_{j\in V}\sum_{k\in K_{ij}} t_{ijk}\, a_{ijk}^p + \sum_{i\in U} b_i^p T_i \le \beta^p \qquad \forall p \in P$	(٤)
$\sum_{j\in U\cup L}\sum_{k\in K_{ij}} a_{ijk}^p = b_i^p \qquad \forall i \in U,\ \forall p \in P$	(٥)
$\sum_{j\in S\cup U}\sum_{k\in K_{ij}} a_{ijk}^p = b_i^p \qquad \forall i \in U,\ \forall p \in P$	(٦)
$\sum_{j\in U}\sum_{k\in K_{ij}} a_{ijk}^p = 1 \qquad \forall i \in S,\ \forall p \in P$	(۷)
$\sum_{i\in U}\sum_{k\in K_{ij}} a_{ijk}^p = 1 \qquad \forall j \in L,\ \forall p \in P$	(۸)
$\sum_{j\in U\cup L}\sum_{k\in K_{ij}} \varepsilon_{ijk}^p = \tau_i^p \qquad \forall i \in U,\ \forall p \in P$	(۹)
$\sum_{j\in S\cup U}\sum_{k\in K_{ij}} \varepsilon_{ijk}^p = \tau_i^p \qquad \forall i \in U,\ \forall p \in P$	(۱۰)
$\sum_{j\in U}\sum_{k\in K_{ij}} \varepsilon_{ijk}^p = 1 \qquad \forall i \in S,\ \forall p \in P$	(۱۱)
$\sum_{i\in U}\sum_{k\in K_{ij}} \varepsilon_{ijk}^p = 1 \qquad \forall j \in L,\ \forall p \in P$	(۱۲)
$a_{ijk}^p \le x_{ijk} \qquad \forall i \in V,\ \forall j \in V, \forall k \in K_{ij}, \forall p \in P$	(۱۳)
$b_i^p \le y_i \qquad \forall i \in U, \forall p \in P$	(۱٤)
$\varepsilon_{ijk}^p \le x_{ijk} \qquad \forall i \in V,\ \forall j \in V, \forall k \in K_{ij}, \forall p \in P$	(۱۵)
$\tau_i^p \le y_i \qquad \forall i \in U, \forall p \in P$	(۱٦)

رابطه (۱) به عنوان تابع هدف، به منظور حداقل‌سازی هزینه‌های لجستیکی کل شامل هزینه‌های ثابت راه‌اندازی و عملیات شرکت‌های لجستیکی طرف سوم و لینک‌های حمل و نقلی طراحی شده است که هزینه‌های متغیر مربوط به حمل

و نقل و هزینه‌های فرآیندی مربوط به مسیر اولیه نیز به این مجموعه هزینه‌ای، اضافه می‌شود. قید شماره (۲) باعث می‌شود که هزینه‌های فرآیندی و حمل و نقلی مربوط به مسیر پشتیبان (مسیر جایگزین ضامن امنیت شبکه حمل و نقل) هر یک از زوج‌های عرضه-تقاضا، کمتر یا مساوی مقدار از پیش‌معین α^p باشد. قید شماره (۳) تضمین می‌کند که تعداد نقاط شرکت‌های ارایه خدمات 3PL و شرکت‌های 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقلی که در دو مسیر اولیه و مسیر پشتیبان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، بیشتر از مقدار مشخص‌شده n^p نباشد. قید شماره (٤) به منظور تضمین نمودن زمان تحویل کالا یا ارایه خدمات به زوج عرضه-تقاضا در دامنه‌ای کمتر یا مساوی با مهلت الزامی و مشخص‌شده β^p تنظیم شده است. قیود (۵)، (٦)، (۷) و (۸)، برقراری ارتباط در مسیر اولیه میان هریک از زوج‌های عرضه-تقاضا را تضمین می‌کند. قیود (۹) تا (۱۲) نیز برقراری ارتباط در مسیر پشتیبان در میان هریک
از زوج‌های عرضه-تقاضا را تضمین می‌کند. قیود (۱۳) تا (١٦) نیز به منظور تضمین راه‌اندازی و ارایه خدمات در شرکت‌های ارایه خدمات 3PL و شرکت‌های 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقلی در تمامی مسیرهای اولیه و پشتیبان، تعبیه شده است.

۵-بحث

با در نظر گرفتن سایزهای مختلف برای یک شبکه حمل و نقل نوعی، از الگوریتم فوق برای محاسبه حداقلِ هزینه‌های لجستیکی استفاده شده است. بر اساس الگوهای مورد استفاده در شبیه‌سازی‌های تصادفی شبکه حمل و نقل، تعداد زوج‌های عرضه-تقاضا به صورت $d^p \sim U[80,150]$؛ هزینه ثابت راه‌اندازی و بازگشایی یک شرکت ارایه خدمات 3PL به صورت $H_i \sim U[500,1000]$؛ هزینه سرانه فرآیندهای شرکت ارایه خدمات 3PL به صورت $C_i \sim U[10,50]$؛ هزینه ثابت عملیاتی شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل k ام میان دو نقطه i و j به صورت $h_{ijk} \sim U[300,700]$ و هزینه سرانه فرآیندی شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل k ام میان دو نقطه i و j به صورت $c_{ijk} \sim U[10,50]$ تعریف شده است. تعداد تکرارهای متوالی perturbations، برابر با ٤۰۰ مرتبه و حداکثر تعداد تکرارهای جستجوی محلی ۸۰ قرار داده شده است. پارامتر α^p برای سایزهای ۱ تا ٤ برابر با ۲۰۰ واحد و برای سایزهای ۵ تا ۸ برابر با ۳۰۰ واحد در نظر گرفته شده و پارامتر β^p برای سایزهای ۱ و ۲ برابر با ۳۰ واحد، برای سایزهای ۳ تا ٤ برابر با ۳۲/۵ واحد، برای سایزهای ۵ و ٦ برابر با ۳۵ واحد و برای سایزهای ۷ و ۸ برابر با ۳۷/۵ واحد در نظر گرفته شده است. نتایج شبیه‌سازی و بهینه‌یابی هزینه‌های لجستیکی در سایزهای مختلف شبکه در جدول ٤ ارایه شده است.

جدول ٤. نتایج محاسبه هزینه‌های لجستیکی در سایزهای مختلف شبکه

شماره شبکه	تعداد زوج‌های عرضه تقاضا	تعداد شرکت‌های ارایه خدمات 3PL	تعداد شرکت‌های 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل	بهترین مقدار	بدترین مقدار	متوسط مقادیر
۱	٤	۱۲	۸۲	۷۵۹۵۳,۷٤۵۳٦	۸٤۷٦۸,۵۸۲۷٦	۸۰۳۹۷,٦۵۱٤٤
۲	٤	۱۵	۱۲۷	٦۷٦۷۸,۸۱۵۳٦	۷۵۲۰۹,۵۹۰۵۲	۷۰۹۸۹,٦٦۷٦۷
۳	٦	۱۸	۱۹٤	۹۰۵۳۳,۵۵۹۰۱	۹۳۱۲۷,۵۹٦۹	۹۲۱۲۵,٦۸۳٦۱
٤	٦	۲۲	۲٤۲	۸۵٦۱۵,۳۷۹۰۱	۹٦٦٦۷,٦۰۳۹۷	۹۱۰۸۹,٦۹۲۰۲
۵	۹	۲٤	۳۰۳	۱۵۹۲۵٤,٤۷۲۸	۱٦۸۵٦۹,٦۰۷	۱٦۲۰۹۸,۷۰۰٦
٦	۹	۲۸	۳۵۲	۱۳۷۵۸۰,۵۷۲۸	۱٤٤٤٤۱,٦۱۵	۱٤۱۹۱۰,۷۳۹۵
۷	۱۲	۳۰	۳۹۱	۱۵۵۹۰٦,٦۷۲۸	۱٦۹۳۱۳,٦۲۲۹	۱٦۱٦۱۰,۱٤۷۹
۸	۱۲	۳۳	٤۱۲	۱۷۹۲۳۲,۷۷۲۸	۱۸۰۱۸۵,٦۳۰۸	۱۷۹۰۳۲,۲۰۱۸

منبع: محاسبات پژوهش

۵-نتیجه‌گیری

نتایج شبیه‌سازی فراابتکاری جستجوی محلی تکراری مبتنی بر پیش‌بینی مسیر پشتیبان ضامن امنیت شبکه حمل و نقل و تضمین زمان تحویل مقرر در فرآیند توزیع نشان می‌دهد که الگوریتم طراحی‌شده به شیوه‌ای موثر می‌تواند در ارزیابی عملکرد و تصمیم‌گیری‌های بهینه هزینه‌ای شرکت‌های تخصصی 4PL مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس چنانچه تعداد زوج‌های عرضه-تقاضا ٤ مورد باشد، لازم است شرکت 4PL به عنوان مدیر شبکه حمل و نقل از تعداد ۱۵ شرکت ارایه خدمات 3PL در کنار ۱۲۷ شرکت‌های 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل استفاده نماید تا علاوه بر کمینه‌سازی هزینه شبکه حمل و نقل، مسیرهای پشتیبان لازم برای تضمین امنیت شبکه حمل و نقل فراهم شود و کالا و خدمات در زمان مقرر به متقاضی تحویل و ارایه گردد. در صورتی که شرکت 4PL به عنوان مدیر شبکه حمل و نقل، با ٦ زوج عرضه-تقاضا مواجه باشد، باید از ۲۲ شرکت ارایه خدمات 3PL در کنار ۲٤۲ شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل استفاده نماید تا ضمن تامین امنیت شبکه حمل و نقل و تحویل به موقع کالا و ارایه به وقت خدمات، هزینه لجستیکی شبکه حمل و نقل نیز کمینه شود.

با رسیدن تعداد زوج‌های عرضه-تقاضا به ۹ مورد، تعداد شرکت‌های ارایه خدمات 3PL و شرکت‌های 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل، به ترتیب به ۲۸ و ۳۵۲ می‌رسد. در نهایت برای تامین شبکه‌ای امن و تضمین تحویل به موقع کالا و ارایه خدمات در شبکه‌ای شامل ۱۲ زوج عرضه-تقاضا، ۳۰ شرکت ارایه خدمات 3PL و ۳۹۱ شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل لازم است و در عین حال کمترین هزینه تامین این شبکه نیز به ۱۵۵۹۰٦,٦۷ واحد می‌رسد. بر اساس توضیحات ارایه شده و نتایج محاسبات جدول ٤ ارقام بهینه هزینه لجستیکی سرانه به ازای هر زوج عرضه-تقاضا، هر شرکت ارایه خدمات 3PL و هر شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل به صورت ارقام جدول ۵ خواهد بود. بر این اساس در صورت حضور ٦ یا کمتر از ٦ زوج عرضه-تقاضا در شبکه حمل و نقل، شرکت 4PL به عنوان مدیر شبکه حمل و نقل با ۲۲ شرکت ارایه خدمات 3PL و ۲٤۲ شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل، به کمترین هزینه لجستیکی سرانه به ازای هر زوج عرضه-تقاضا، هر شرکت ارایه خدمات 3PL و هر شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل می‌رسد که به ترتیب برابر با ۱٤۲٦۹,۲۲ واحد، ۳۸۹۱,٦۰ واحد و ۳۵۳,۷۸ واحد خواهد بود. بنابراین چنانچه 4PL بخواهد شبکه‌ای که از ٦ یا کمتر از زوج عرضه-تقاضا تشکیل شده است را مدیریت کند و به کمترین هزینه سرانه به ازای هر زوج عرضه-تقاضا، هر شرکت ارایه خدمات 3PL و هر شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل برسد.

لازم است ۲۲ شرکت ارایه خدمات 3PL و ۲٤۲ شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل را تامین کند. به طور مشابه چنانچه 4PL با ۱۲ یا کمتر از ۱۲ زوج عرضه-تقاضا مواجه باشد، بر اساس معیار کمترین هزینه لجستیکی سرانه به ازای هر زوج عرضه-تقاضا باید ۳۰ شرکت ارایه خدمات 3PL و ۳۹۱ شرکت 3PL ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل را بکار گیرد.

جدول ۵. هزینه لجستیکی سرانه

شماره شبکه	تعداد زوج‌های عرضه تقاضا	هزینه لجستیکی سرانه هر زوج عرضه-تقاضا	هزینه لجستیکی سرانه هر شرکت ارایه خدمات **3PL**	هزینه لجستیکی سرانه هر شرکت **3PL** ارایه‌دهنده خدمات حمل و نقل
۱	٤	۱۸۹۸۸,٤۳٦۳٤	٦۳۲۹,٤۷۸۷۸	۹۲٦,۲٦۵۱۸۷۳
۲	٤	۱٦۹۱۹,۷۰۳۸٤	٤۵۱۱,۹۲۱۰۲٤	۵۳۲,۹۰٤۰۵۸
۳	٦	۱۵۰۸۸,۹۲٦۵	۵۰۲۹,٦٤۲۱٦۷	٤٦٦,٦٦۷۸۲۹۹
٤	٦	۱٤۲٦۹,۲۲۹۸٤	۳۸۹۱,٦۰۸۱۳۷	۳۵۳,۷۸۲۵۵۷۹
۵	۹	۱۷٦۹٤,۹٤۱٤۲	٦٦۳۵,٦۰۳۰۳۳	۵۲۵,۵۹۲۳۱۹۵
٦	۹	۱۵۲۸٦,۷۳۰۳۱	٤۹۱۳,۵۹۱۸۸٦	۳۹۰,۸۵۳۹٦۵٤
۷	۱۲	۱۲۹۹۲,۲۲۲۷۳	۵۱۹٦,۸۸۹۰۹۳	۳۹۸,۷۳۸۲۹۳٦
۸	۱۲	۱٤۹۳٦,۰٦٤٤	۵٤۳۱,۲۹٦۱٤۵	٤۳۵,۰۳۱۰۰۱۹

منبع: محاسبات پژوهش

بنابراین بکارگیری الگوریتم فراابتکاری جستجوی محلی تکراری مبتنی بر پیش‌بینی مسیر پشتیبان ضامن امنیت شبکه حمل و نقل و تضمین زمان تحویل مقرر در فرآیند توزیع، می‌تواند به شیوه‌ای کارا و کارآمد به تخصیص منابع زیرمجموعه یک شرکت 4PL منجر شود. از این رو بکارگیری این‌گونه الگوهای نوین کسب و کار در صنعت پخش و جایگزینی نهادهای توزیعی سنتی با نهادهای توزیعی نوین، می‌تواند تاثیر بسزایی بر ارتقاء کیفی و کمی ارزش افزوده زنجیره تامین داشته باشد. باتوجه به انتقاداتی که بر نحوه کارکرد و عملکرد شرکت‌های پخش در ایران وارد شده است و با مدنظر قرار دادن سوابق موفق سایر کشورها به نظر می‌رسد به منظور اصلاح نظام توزیع کشور (که یکی از محورهای هفت‌گانه طرح تحول اقتصادی کشور محسوب می‌شود)، بایستی ایجاد و توسعه شرکت‌های تخصصی لجستیک طرف سوم (3PL) و به ویژه طرف چهارم (4PL) را دنبال کرده و شرکت‌های پخش را برای تبدیل شدن به یک شرکت 3PL و شرکت‌های مادر 3PL را برای تبدیل شدن به یک شرکت 4PL مجاب نمود. چرا که شرکت‌های لجستیکی طرف سوم و چهارم دارای پشتوانه علمی و عملی موفقی در اکثر کشورهای دنیا (به‌خصوص کشورهای توسعه یافته) هستند و حدود و ثغور، وظایف، مسئولیت‌ها، دامنه کارکرد و نقش مؤثر آن در نظام توزیع کشورها کاملاً مشخص است. در نهایت باید توجه داشت که هدف هر سه فرآیند مدیریت روابط با مشتری (CRM)، مدیریت زنجیره تامین داخلی (ISCM) و مدیریت روابط تامین کنندگان (SRM)، انجام خدمت تضمین‌شده و به موقع به مشتری و انجام یک هدف است. بنابراین، برای اینکه زنجیره تامین به موفقیت برسد بایستی هر سه فرآیند به خوبی یکپارچه گردند و عدم یکپارچگی به شدت به توانایی زنجیره تامین در تامین کالا و خدمات به صورت موثر، ضربه می‌زند و نهایتاً منجر به نارضایتی مشتری و صرف هزینه‌های بیشتر می‌شود (Meindl and Chopra 2013).

٦- پی‌نوشت‌ها

-برای اطلاعات بیشتر در این خصوص ر.ک. حاج فتح‌الله، م.، (۱۳۹۱)، "شرکت‌های لجستیک طرف سوم"، تارنمای پارس‌مدیر.

۷-مراجع

-باشکوه، م. و علی‌پور، و.، (۱۳۹۲)، "هماهنگی کانال توزیع چندگانه و تأثیر آن بر عملکرد عرضه‌کنندگان در صنعت الکترونیک با رویکرد نظریه مبادله اجتماعی"، فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت دولتی، دوره ۵، شماره ۳، پاییز، ص. ۱-۲۲.

-حاج فتح‌الله، م.، (۱۳۹۱)، "شرکت‌های لجستیک طرف سوم"، پارس‌مدیر، تهران.

-سلیمانی سدهی، م.، (۱۳۹۲)، "معرفی نسل‌های مختلف شرکت‌های لجستیکی (از *1PL* تا *5PL*)"، گروه پژوهشهای لجستیک و زنجیره تامین، مهندسان صنایع زرند، تهران.

-شریفی، ک. مسعودی، م. و سیدجوادین، س.ر.، (۱۳۹۱)، "طراحی مدل شبکه تهیه و توزیع کالا در ایران"، کاوش‌های مدیریت بازرگانی، بهار و تابستان، دوره ٤، شماره ۷، ص. ۱۰۵-۱۲۱.

-صفایی، ع.س. محمدپور لاریمی، ا. و افضلی حاجی دلا، ق.، (۱۳۹۵)، "مطالعه موردی انتخاب مراکز پخش یک شرکت لجستیکی طرف سوم"، فصلنامه مدیریت زنجیره تامین، سال هجدهم، شماره ۵۳، پاییز، ص. ٤-۱۳.

-قنبرپور، ش.، (۱۳۹۲)، "عوامل موثر بر افزایش کارایی در کانالهای توزیع مویرگی"، کنفرانس بین المللی مدیریت، چالشها و راهکارها، شیراز.

-Arya, V., Garg, N., Khandekar, R., Meyerson, A., Munagala, K., & Pandit, V. (2004), "Local search heuristics for k-median and facility location problems", SIAM Journal on computing, 33(3), pp.544-562.

-Ash, J., & Newth, D., (2007), "Optimizing complex networks for resilience against cascading failure", Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 380, pp.673-683.

-Blum, C., & Roli, A., (2003), "Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison", ACM Computing Surveys (CSUR), 35(3), pp.268-308.

-Brede, M., & de Vries, B. J., (2009), "Networks that optimize a trade-off between efficiency and dynamical resilience", Physics Letters A, 373(43), pp.3910-3914.

-Grosan, C., Abraham, A., & Hassainen, A. E., (2009), "Designing resilient networks using multicriteria metaheuristics", Telecommunication Systems, 40(1), pp.75-88.

-Holcomb, T. R., & Hitt, M. A., (2007), "Toward a model of strategic outsourcing", Journal of operations management, 25(2), pp.464-481.

-Hoos, H. H., & Stützle, T., (2004), "Stochastic local search: Foundations and applications", Elsevier.

-Konak, A., & Bartolacci, M. R., (2007), "Designing survivable resilient networks: a stochastic hybrid genetic algorithm approach", Omega, 35(6), pp.645-658.

-Li, R., Sun, F., & Tong, Y., (2016, May), "Many-to-many network design of fourth-party logistics with delivery time considered", In Control and Decision Conference (CCDC), Chinese, IEEE, pp. 1209-1213.

-Li, R., Tong, Y., & Sun, F., (2016), "Resilient many-to-many network design of fourth-party logistics based on iterated local search algorithm", In Control Conference (CCC), Chinese, IEEE, pp. 9605-9609.

-Meindl, P., & Chopra, S., (2013), "Supply Chain Management: Strategy, Planning, And Operation, 5/e", Pearson Education India.

-Miller-Hooks, E., Zhang, X., & Faturechi, R., (2012), "Measuring and maximizing resilience of freight transportation networks", Computers & Operations Research, 39(7), pp.1633-1643.

-Saglietto, L., (2013), "Towards a classification of fourth party logistics (4PL)", Universal Journal of Industrial and Business Management, 1(3), pp.104-116.

-Talbi, E. G., (2009), "Metaheuristics: from design to implementation, Vol. 74, John Wiley & Sons.

-Tezuka, K., (2011), "Rationale for utilizing 3PL in supply chain management: A shippers' economic perspective", IATSS Research, 35(1), pp.24-29.

-Wang, W., Li, T., Zhao, W., & Dai, W., (2009), "Mobile Agent System for Supply Chain Management", In the 2009 International Symposium Computer Science and Computational Technology (ISCSCT 2009), pp. 525.

-Wilson, R., (2013), "24th annual state of logistics report", Council of Supply Chain Management Professionals.

-Zhao, K., Kumar, A., Harrison, T. P., & Yen, J., (2011), "Analyzing the resilience of complex supply network topologies against random and targeted disruptions", IEEE Systems Journal, 5(1), pp.28-39.

Modeling of Fourth-Party Logistics (4PL) by Iterated Local Search Algorithm (ILS) Based on Broadcasting Back-Up Link and Delivery Time Guarantee in Transportation Network

Mahdi Ghaemi Asl, Assistant Professor, Faculty of Economics,
Kharazmi University, Tehran, Iran.

E-mail: m.ghaemi@khu.ac.ir

Received: August 2021-Accepted: February 2022

ABSTRACT
Provision of the fourth-party logistics services is not based on capital assets, but it's in type of resource, capabilities and technology integration of the original organization with other companies and organizations (including 3PL producers, distributors, and companies). In this research, based on the functional domain of Fourth-Party Logistics (4PL) and by Iterated Local Search Algorithm (ILS) - Based on designing back-up securing broadcasting network link and delivery time consideration in the transportation network - A model for the optimal performance of a 4PL has been introduced. The results of the modeling show that the designed algorithm can be used in optimal decision making for 4PL companies by minimizing total logistic costs. The simulation results show that in order to provide secure network and guarantee timely delivery of goods and services in a network with 12 supply-demand pairs, 30 3PL service companies and 391 3PL transportation providers is required; also the lowest total cost of providing such a network will be 155906.67 units. In addition, if the 4PL company, as the transportation network manager, faces with 6 or fewer than 6 of supply-demand pairs, 22 3PL service companies must provide along with 242 3PL transportation providers. Based on this, the integration of the 3PL companies in the form of a 4PL company could have a significant impact on the quality and quantity enhancement of decision making and value added of the supply chain through the use of modern business models.

Keywords: Fourth-Party Logistics (4PL), Iterated Local Search Algorithm (ILS), Back-Up Link, Securing Broadcasting Network, Delivery Time Consideration