Journal iranian political sociology
Vol. 5, No.10, dey 2022

https://dx.doi.org/10.30510/psi.2022.305859.2341

Manage transportation systems in the green supply chain using Innovative method of ant colony algorithm

Abstract

Supply chain is a complex network that includes products, services, and information flows between suppliers and customers, all of which create added value in the economy. The lesson of not operating this chain will be an obstacle to creating added value in the macroeconomic perspective. In addition to the above, the marketing, engineering and design units of a manufacturer are also part of the supply chain. In general, the supply chain is a chain that includes all activities related to the flow of goods and the conversion of materials, from the stage of preparation of the raw material to the stage of delivery of the final product to the consumer. The sole purpose of the supply chain is to minimize the total cost of the given network ,To achieve this goal there is a need for a suitable business model in the industry. In this research, we propose the method of setting the optimal order quantity by optimizing particle swarm for supply chain management. In studies and after the implementation of the algorithm, we conclude that this algorithm has a high execution time in long distances and in high repetition cannot reduce the total cost, but in short distances is very efficient, the execution time is low. The total cost is low.

Keywords: Transportation Systems, Supply Chain Management, Ant Colony Algorithm

ماهنامه علمی (مقاله علمی_پژوهشی) جامعه شناسی سیاسی ایران،
سال پنجم،شماره ده، دی۱۴۰۱،صص۲۷۹۵-۲۸۱۰
https://dx.doi.org/10.30510/psi.2022.305859.2341

مدیریت سیستم های حمل و نقل در زنجیره تامین سبز با استفاده از روش ابتکاری الگوریتم کلنی مورچگان

عبدالخالق وادیان[۱]

محمد مهدی موحدی [۲]

امیر غلام ابری[۳]

محمدرضا لطفی[۴]

تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۰۵/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵

چکیده

زنجیره تامین شبکه پیچیده ای که شامل محصولات، خدمات و جریان اطلاعات بین تامین کنندگان و مشتریان است، که تمامی این عوامل خالق ارزش افزوده در اقتصاد هستند. درس عمل نکردن این زنجیره مانعی برای خلق ارزش افزوده در نگاه کلان اقتصادی خواهد بود.علاوه بر موارد مذکور واحدهای بازاریابی، مهندسی و طراحی یک تولید کننده نیز بخشی از زنجیره تامین هستند. به طور کلی زنجیره تامین زنجیره‌ای است که همه فعالیتهای مرتبط با جریان کالا و تبدیل مواد، از مرحله تهیه ماده اولیه تا مرحله تحویل کالای نهایی به مصرف‌کننده را شامل می‌شود. تنها هدف زنجیره تامین به حداقل رساندن کل هزینه شبکه داده شده است، که برای رسیدن به این هدف نیاز به یک مدل کسب و کار مناسب در صنعت وجود دارد. در این تحقیق، ما روش تنظیم مقدار سفارش بهینه توسط بهینه سازی ازدحام ذرات برای مدیریت زنجیره تامین را پیشنهاد می‌کنیم. در مطالعات انجام شده وبعد از اجرای الگوریتم به این نتیجه می رسیم که این الگوریتم در فواصل دور دارای زمان اجرای بالا است ودر تکرار بالا نمی تواند هزینه کل را از حدی کمتر کند اما در فواصل نزدیک بسیار کارآمد است، هم زمان اجرا پایین است هم کل هزینه پایین است.

کلمات کلیدی: سیستم های حمل و نقل، مدیریت زنجیره تامین، الگوریتم کلونی مورچگان

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروز کوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران[۱]

دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران **(نویسنده مسئول)**[۲]

استادیار، گروه ریاضی ، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران[۳]

دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران[۴]

مقدمه

در سال های اخیر، طراحی زنجیره تأمین توسط بسیاری از محققین مورد بررس قرار گرفته است و چندین بررسی اجمالی به چاپ رسیده است. تصمیمات دلالت بر جنبه های راهردی مرتبط با موقعیت، ظرفیت ها و انتخاب تکنولوژی و جنبه های تاکتیکی مانند تخصیص محصول و جریان های حمل و نقل در میان سایرین دارد.

در این مقاله به بررسی کار قبلی محققین می پردازد که در آن مسئله طراحی زنجیره تأمین می پردازیم که براساس سیستم تک محصوله دو پلکانی معرفی گردید. مسئله به بررسی موقعیت تسهیلات، انتخاب کانال های حمل و نقل، محاسبه جریان های میان تسهیلات و رابطه جایگزینی زمان – هزینه می پردازد. بویژه اینکه انتخاب کانال های حمل و نقل، مسئله بهینه سازی دو منظوره ای را بوجود می آورد که در آن هزینه و زمان انجام سفارش باید به حد رسانده شود. کانال های حمل و نقل می توانند بعنوان حالت های حمل و نقل (راه آهن، کامیون، کشتی، هواپیما و غیره)، خدمات ترابری (سریع السیر، نرمال، شبانه و غیره) یا بعنوان طرح ها و پیشنهادات حمل و نقل از شرکت های مختلف در نظر گرفته شوند. هر گزینه از هزینه و زمان مربوطه برخوردار است و یک مورد باید برای حمل محصول در هر پلکان انتخاب شود. مسئله روش استقرایی a حل شد و مجموعه راه حل های نامشخص برای ارائه به تصمیم گیرنده، بدست می آید. مسئله مورد بررسی همراه با مدل ریاضی به تفصیل در بخش ۳ شرح داده می شود. روش های بکار رفته برای حل مسئله در بخش ۴ به طور کامل ارائه می شود. برای فواصل کوچک، الگوریتم مبتنی بر شرط اپسیلون ارائه شده توسط اولیوارس، بنیتز و همکارانش (۲۰۱۲) برای به دست آوردن مجموعه های کارآمد حقیقی استفاده شدند. بزرگ ترین فاصله حل شده با الگوریتم مبتنی بر شرط اپسیلون جهت بدست آوردن مجموعه کارآمد حقیقی آن از ۵ کارخانه، ۵ مرکز توزیع بلقوه و ۲۰ مشتری برخوردار است. برای ساخت مجموعه های تقریباً کارآمد برای فواصل بزرگ تر، این روش با محدودیت زمانی ۳۶۰۰ ثانیه در هر نقطه استفاده گردید. با فرض پیچیدگی مسئله، الگوریتم ACO در این کار برای بدست آوردن مجموعه های تقریباً کارآمد برای فواصل بزرگ ایجاد شد. بزرگ ترین فاصله ای که در آن مجموعه تقریباً کارآمد بدست آمد دارای ۵ کارخانه، ۲۰ مرکز توزیع بالقوه و ۵۰ مشتری می باشد.

بیان مسئله

الگوریتم کلونی مورچه الهام گرفته شده از مطالعات و مشاهدات روی کلونی مورچه هاست. این روش از رفتار مورچه‌ها در یافتن مسیر بین محل لانه و غذا اقتباس شده است. همانطور که می دانیم مسئله یافتن کوتاهترین مسیر، یک مسئله بهینه سازیست که گاه حل آن بسیار دشوار است. الگوریتم کلونی مورچه برای اولین بار توسط دوریگو (Dorigo) و همکارانش به عنوان یک راه حل چند عامله (Multi Agent) برای مسائل مشکل بهینه سازی مثل فروشنده دوره گرد (TSP :Traveling Sales Person) ارائه شد. این مطالعات نشان داده که مورچه ها حشراتی اجتماعی هستند که در کلونی ها زندگی می کنند و رفتار آنها بیشتر در جهت بقاء کلونی است تا درجهت بقاء یک جزء از آن. یکی از مهمترین و جالبترین رفتار مورچه ها، رفتار آنها برای یافتن غذا است و بویژه چگونگی پیدا کردن کوتاهترین مسیر میان منابع غذایی و آشیانه. این نوع رفتار مورچه ها دارای نوعی هوشمندی توده ای است که اخیرا مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه ها، و یا به اختصار الگوریتم مورچه ها، از رفتار مورچه های طبیعی که در مجموعه ها بزرگ در کنارهم زندگی می کنند الهام گرفته شده است و یکی از الگوریتم های

بسیار کارآمد در حل مسائل بهینه سازی ترکیبی است. الگوریتم های دیگری نیز بر اساس الگوریتم مورچه هاساخته شده اند که همگی سیستم های چند عاملی هستند و عامل ها مورچه های مصنوعی یا به اختصار مورچه هایی هستند که مشابه با مورچه های واقعی رفتار می کنند. امروزه روشهای هوشمند کاربردهای گسترده ای در حل مسایل مختلف مخصوصاً در مسایل بهینه سا زی پیدا کرده اند. با توجه به تعدد این روشها و الگور یتمهای مختلف برا ی حل این قبیل مسا یل در این پژوهش به منظور تعیین روش مناسب از میان روشهای مختلف برای حل مسایلی از قبیل مسئله حمل و نقل در زنجیره تامین می یاشد.

مسئله مورد بررسی مسئله زنجیره تامین دو مرحله ای میباشد که مرحله اول انتقال کالا از کارخانه به توزیع کننده و مرحله دوم انتقال کالا از توزیع کننده به مشتری میباشد سیستم مورد بررسی تک محصوله میباشد و محقق در صدد است با هدف کاهش هزینه و زمان به حل این مسئله بپردازد.الگوریتم مورد استفاده نیزالگوریتم کلونی مورچگان میباشد.

پیشینه تحقیق

یک ویژگی که مسئله مطرح شده توسط اولیوارس ـ بنیتز و همکارانش (۲۰۱۲) را از کارهای قبل در نشریات متمایز می سازد، بررسی رابطه جایگزینی میان زمان سفارش و هزینه در طراحی زنجیره تأمین مرتبط با انتخاب های حمل و نقل است. بررسی انجام شده توسط کارنت و همکارانش (۱۹۹۰) مشخص می سازد که تعادل این معیارها به طور جامع و کامل مورد بررسی قرار نگرفته است. پس از آن، آرنتزن (۱۹۹۵) به بررسی مسئله طراحی زنجیره تأمین برای یک شرکت می پردازد که رابطه جایگزینی هزینه و زمان را بعنوان یک ترکیب توزین شده در تابع هدف به کار می برد. متغیر تصمیم گیری، کمیت محصولی است که از طریق هر یک از روش های حمل و نقل موجود ارسال می شوند. مسئله با استفاده از جریمه های ارتجاعی برای نقض شرایط و تکنیک فاکتورسازی ردیفی حل می شود. ژینگ (۱۹۹۸) بر اهمیت رابطه جایگزینی هزینه ـ زمان مرتبط با روش های حمل و نقل موجود میان جفت گره های شبکه تأکید کرد. مدل برنامه ریزی عدد صحیح مخلوط جهت طراحی هر دو هدف بهینه سازی زنجیره تأمین پیشنهاد شد. در این کار، موقعیت تسهیلات مورد بررسی نمی باشد. روش پیشنهاد شده، الگوریتم برنامه ریزی دینامیک برای ساخت مرز مؤثر با فرض مرکیت زدایی زمان می باشد. در روش پیشنهاد شده توسط گراوس دویلمز (۲۰۰۵)، هزینه و زمان در تابع هدف ترکیب شدند. زنجیره تولید با انتخاب جایگزین ها در هر مرحله از شبکه تولید و توزیع پیکربندی گردید. الگوریتم برنامه ریزی دینامیک باری حل این مسئله استفاده شد. در سال های اخیر، مسائل چند منظوره در طراحی زنجیره تأمین با تأکید بیشتر بر مزیت منابع محاسباتی و روش های جدید تلقی شده است. چان و همکارانش (۲۰۰۶)، یک مدل چند منظوره را ارائه دادند که تابع هدف ترکیبی رابا وزن ها بهینه ساخت. برخی از معیارها شامل تابع های هزینه و زمان بودند و یکی از اجزاء زمان، زمان حمل و نقل بود. زمان حمل و نقل به صورت خطی با کمیت انتقال یافته تغییر کرد. مدل شامل اجزاء احتمالی بود ولی موقعیت تسهیلات مد نظر نبود. الگوریتم ژنتیکی، براساس روش تکراری بود که در آن مسئله تغیر وزن ها حل شد. آلتی پارماک و همکارانش (۲۰۰۶)، یک مدل با سه تابع هدف را پیشنهاد کردند: به حداقل رساندن هزینه کل، به حداکثر رساندن مجموع تقاضای ارضاء شده مشتری و کاهش ظرفیت و توانایی بی استفاده مراکز توزیع. در اینجا زمان حمل و نقل بعنوان شرطی بررسی گردید که مجموعه مراکز توزیع ممکن را که از توانایی تحویل محصول به مشتری قبل از تاریخ مشخص شده برخوردار هستند را تعیین کرد. آنها یک روش براساس الگوریتم ژنتیکی را جهت بدست آوردن مجموعه راه حل های غیر قطعی و نامشخص پیشنهاد کردند. در کار انجام شده توسط المراغی و ماجتی (۲۰۰۸)، یک مدل برای بهینه سازی هزینه، از جمله هزینه تحویل تأخیری مطرح شد. آنها از نرم افزار بهینه سازی تجارتی برای حل مدل، تجزیه و تحلیل حالت های مختلف استفاده کردند. مرور اجمالی توسط فراهانی و همکارانش (۲۰۱۰) درباره

مدل چند معیاری برای مسائل موقعیت تسهیلات برخی کارها را شرح می دهد که در آنها متریک های هزینه و سطح خدمات در نظر گرفته شدند. روش های ابتکاری متا مذکور شامل نسخه های چند منظوره جستجوی پراکنده، جستجوی Tabu، تابکاری شبیه سازی شده، بهینه سازی کلنی مورچه (ACO) و بهینه سازی گروه ذرات (PSO) می باشد. به هر حال، برخی از دیگر ابتکارات متا که برای کاربردهای چند منظوره ایجاد شد، نیز ذکر شدند، مانند الگوریتم ساده تکاملی برای بهینه سازی چند منظوره[۱] (SEAMO)، نسخه ۲ الگوریتم استقامت تکاملی پارتو[۲](SPEA2)، الگوریتم انتخاب مبتنی بر بسته (پاکت) پارتو (PESA)، الگوریتم نامشخص جور کننده ژنتیک[۳](NSGA-II)، الگوریتم بردار ژنتیک ارزیابی شده [۴](VEGA) و الگوریتم ژنتیکی چند منظوره[۵](MOGA)، اخیرا، چندین کار در ارتباط با طراحی زنجیره تأمین ظاهر شده است. پیشوایی و همکارانش (۲۰۱۰)، مدل را برای طراحی شبکه لاجستیک روبه جلو/معکوس از دیدگاه بهینه سازی دو منظوره بررسی کردند. اهداف بهینه سازی، کل هزینه سیستم و انجام تقاضا و نرخ های برگشت بود. اگرچه آنها به بررسی زمان انجام سفارش در مدل آنها پرداختند ولی همانند آلتی پارکماک و همکارانش (۲۰۰۶) به تاریخ سر رسید و جایگزین های حمل و نقل غیر مرتبط توجه کردند. آنها الگوریتم فرهنگی را برای حل مسئله NP سخت توسعه دادند. مولا کایو ـ مارتینز و ژانگ (۲۰۱۱)، یک مدل مشابه با مدل گراوس و ویلمز (۲۰۰۵) مطرح کردند که در آن فعالیت ها باید برای طراحی زنجیره تأمین انتخاب شود. یک مدل دو منظوره بود که هزینه و زمان اجرای سفارش در شبکه چند پلکانی را بهینه ساخت. متغیر تصمیم گیری، انتخاب منبع برای یک فعالیت مشخص در زنجیره تأمین است. آنها از روش ابتکاری متا بهینه سازی کلنی مورچه پارتو برای بدست آوردن مجموعه بهینه پارتو استفاده کردند. لیائو و همکارانش (۲۰۱۱) نیز مسئله چند منظوره را برای طراحی زنجیره تأمین بررس کرد. در این حالت آنها موقعیت و تصمیمات موجودی را ترکیب کردند. اهداف، کاهش هزینه، به حداکثر رساندن نرخ پر کردن و به حداکثر رساندن تقاضای انجام شده در فاصله تحت پوشش بودند. زمان انجام سفارش دلالت بر هزینه موجودی امن داشت ولی در ارتباط با تصمیمات حمل و نقل نبود. روش مطرح شده، ترکیب NSGA-II و روش ابتکاری تخصیص و واگذاری بود. پینتو ـ وارلاو همکارانشان (۲۰۱۱)، مدل بهینه سازی دو منظوره را برای طرح های زنجیره تأمین با توجه به معیارهای اقتصادی و محیطی ارائه دادند. در مدل آنها، زمان از نقطه نظر روش چند دوره ای در نظر گرفته شد. حالت های مختلف حمل و نقل ممکن است وجود داشته باشد ولی آنها در ارتباط با زمان نبودند. آنها سه مثال کوچک را با نرم افزار تجارتی برنامه ریزی ریاضی حل کردند. بررسی انجام شده توسط منصوری و همکارانش (۲۰۱۲) بر اهمیت تکنیک های بهینه سازی چند منظوره بعنوان ابزار حمایت تصمیم گیری در مدیریت زنجیره تأمین تأکید کرد. اگرچه تصمیمات امیدبخش سفارش و تصمیمات طراحی شبکه بعنوان معیاری مهم تشخیص داده شدند، هیچ یک از کارهای بررسی شده آنها را به روش چند منظوری ادغام نکرد. کابانه و همکارانش (۲۰۱۲) ، مسئله بهینه سازی چند منظوره چند دوره ای را ارائه داد که در آن اهداف هزینه و محیطی بهینه گردیدند. در مدل برنامه ریزی عدد صحیح مخلوط آنها ، انتخاب حالت های حمل و نقل بعنوان یک متغیر تصمیم در نظر گرفته شد ولی در ارتباط با زمان نبود. آنها از نرم افزار تجارتی برنامه ریزی ریاضی رای حل فواصل کوچک مسئله استفاده کردند. سجادی و داوود پور (۲۰۱۲) مسئله را برای طراحی زنجیره تأمین بررسی کردند که در آن هزینه و زمان در ارتباط با جایگزین های حمل و نقل بودند. به هر حال، روش جهت بهینه سازی تابع واحد هدف بود که در آن زمان اجرای سفارش

---

۱. S*imple Evolutionary Algorithm* for Multi-objective *Optimization*
2. . *Strength Pareto* Evolutionary *Algorithm2*
۳. The Pareto *Envelope-based* Selection *Algorithm*
۴. *Vector* Evaluated *Genetic Algorithm*
5. Multi Objective G*enetic Algorithm*

از گزینه حمل و نقل به تابع هزینه انتقال پیدا کرد. تابع هدف هزینه با استفاده از روش آسایش لاگرانژی بهینه می شود. همان طور که اولویوارس ـ بنیتز و همکارانشان پیشنهاد کردند، معیار هزینه و زمان ممکن نیست قابل مقایسه باشد و باید با اهداف جداگانه تلقی گردد.

مشخص کردن برخی کارها که موارد حقیقی را برای طراحی زنجیره تأمین حل می کند مهم است. آلتی پارماک و همکارانش (۲۰۰۶) از الگوریتم ژنتیکی آنهاب رای طراحی زنجیره تأمین برای محصولات پلاستیکی در ترکیه استفاده کرد. پاتی و همکارانش (۲۰۰۸) یک مورد را برای مقاله هندی در رابطه با صنعت باز چرخ حل کرد. سوسا و همکارانش (۲۰۰۸) از مدل های آنها برای طراحی زنجیره تأمین مواد شیمیایی کشاورزی استفاده کرد. گوموس و همکارانش (۲۰۰۹) موردی را برای یک شرکت در بخش نوشیدنی های غیر الکلی حل کرد. مونوکایو ـ مارتینو ژانگ (۲۰۱۱) از روش ابتکاری متای بهینه سازی کلنی مورچه پارتو برای طراحی زنجیره تأمین برای محصولات بولدُزر استفاده کرد. پنیتو موارلا و همکارانش (۲۰۱۱) یک مدل چند منظوره را برای طراحی زنجیره های تأمین در پرتغال ارائه داد. کابانه و همکارانش (۲۰۱۲) موردی (مسئله ای) را برای تولید آلومینویم حل کرد. فوناکی (۲۰۱۲) یک مدل بسیار کامل را پیشنهاد کرد و الگوریتم برنامه ریزی دینامیک را برای طراحی زنجیره تأمین برای یک محصول ماشینی مطرح نمود. ماروین و همکارانش (۲۰۱۲)، فرمول مسئله برنامه ریزی خطی عدد صحیح مخلوط را جهت طراحی زنجیره تأمین برای زیست پالایش اتانول ارائه داد. پاکسوی و همکارانش (۲۰۱۲) از بهینه سازی فازی برای طراحی زنجیره تولید روغن سبزیجات استفاده کرد. این کارها، علاقه رو به افزایش کاررد مدل های طراحی زنجیره تأمین را در صنعت شرح می دهند.

در نهایت، حائز اهمیت است که ذکر گردد «در بررسی انجام شده توسط گریفیس و همکارانش (۲۰۱۲)، آنها کاربرد روش ابتکاری متا را در لاجستیک ها و مدیریت زنجیره عرضه را از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۲ ارائه دادند. نزدیک به ۱۵ درصد از کاربردها در ناحیه طراحی زنجیره تأمین بود. آنها استفاده از بازپخت (آبکاری) شبیه سازی شده و جستجوی Tabu را در میان ساله روش های ابتکاری متا با حداقل توجه در نشریات به روش مطلوب جستجوی انطباق پذیر تصادفی (GRASP)، جستجوی متغیر همسایه (VNS) و سایرین مشخص کردند. بر حسب تکنیک های جستجوی جمعیت، مشهورترین روش ها، الگوریتم های ژنتیکی و بهینه سازی کلنی مورچه با ذکر کمتر بررسی پراکنده، بهینه سازی گروه ذرات و سایرین بودند. به هر حال در این بررسی، کاربرد اندک روش ابتکاری متا چند منظوره مخصوصاً برای مسائل طراحی زنجیره تأمین بدیهی است.

بررسی شرح داده شده در بخش فوق نشان می دهد که کارهای اندکی به رابطه جایگزینی هزینه ـ زمان به دست آمده از انتخاب کانال حمل و نقل در طراحی زنجیره تولید پرداخته است. سایر تفاوت ها با مسئله مورد نظر در این تحقیق در خطوط زیر شرح داده می شوند. ابتدا، در برخی کارها، زمان حمل و نقل، تابع خطی کمیت انتقال یافته است. در مدل ارائه شده در اینجا، زمان واحد برای هر قوس میان گره های به کار می رود که شرایط واقعی تر را در عملیات حمل و نقل ارائه می دهد. دوماً در بسیاری از تحقیقات، رابطه جایگزینی زمان ـ هزینه از دیدگاه هدف واحد برای زمان انتقال در تابع هزینه مورد بررسی قرار گرفته است. در اینجا، زمان و هزینه بعنوان معیارهای جداگانه جهت ساخت مجموعه راه حل های غیر قطعی و نامشخص تلقی می شوند. این رویکرد ممکن است زمانی یک انتخاب خوب باشد که اولویت تصمیم گیرنده برای یک هدف شناخته شده نمی باشد یا زمانی که معیارها نمی توانند به آسانی مقایسه شوند. سوماً، در بسیاری از مسائل چند منظوره برای طرح های زنجیره تأمین، رابطه جایگزینی هزینه ـ زمان در ارتباط با انتخاب کانال حمل و نقل نمی باشد. در مسئله مورد نظر، انتخاب حمل و نقل از چندین گزینه از تأثیر

مستقیم بر هدف زمان انجام سفارش برخوردار است. ترکیب این عناصر و تصمیمات طراحی زنجیره تأمین سنتی مسئله مورد نظر را مناسب ساخته و حل آن ضرورت میابد. بر حسب الگوریتمی که در اینجا توسعه پیدا کرد، آنچه که پیشنهاد می دهیم، ترکیب تابع های مناسب با جستجوی پراکنده، ارتباط دهی مجدد مسیر و نرم افزار برنامه ریزی ریاضی است که راه حل های کیفیت بالای را برای یک مسئله پیچیده بوجود می آورد. در نشریات، تکنیک های ترجیح داده شده برای حل این مسائل چند منظوره به روش استقرایی a ، تغییرات الگوریتم های تکاملی می باشند. نوع ترکیبات ارائه شده در این کار، که در ضمن روش ابتکاری ACO نامیده می شوند، قبلاً در زمینه مسائل طراحی زنجیره تأمین بکار رفته‌اند.

مدل پیشنهادی

مشکلی که قبلا در سیستم توزیع معرفی شد ،سیستم توزیع دو پله ای برای یک محصول در یک دوره زمانی بود. در مرحله اول مجموعه ای از کارخانه های تولیدی و ارسال محصول به مراکز توزیع و در مرحله دوم مجموعه ای از مراکز توزیع و حمل و نقل محصول به مشتریان است. تعداد و محل کارخانه و مشتریان همراه با خواسته ها و ظرفیت های آنها شناخته شده است. مراکز توزیع باید از مجموعه گسسته از مکان های بالقوه با هزینه ثابت باز و ظرفیت محدود انتخاب شود. سیاست تنها منبع برای حمل و نقل از مراکز توزیع به مشتریان در نظر گرفته شد.شکل ۱ ساختار زنجیره تامین را به تصویر می کشد.

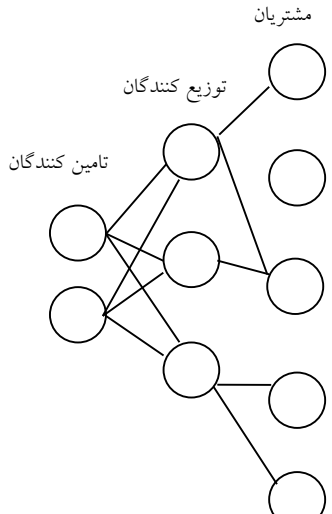
تنها هدف مدل برنامه نویسی برای حل مشکلی که قبلا شرح داده شد ، به شرح زیر پیشنهاد شده است.

. ۳-۶-۱- مجموعه مورد نظر

K: مجموعه ای از گیاهان

J: مجموعه بالقوه توزیع مراکز

I: مجموعه ای از مشتریان



شکل۱-۳ .تک محصول ،دوره تک و سیستم دو پله توزیع.

پارامترها

b_{kj} **:** هزینه های حمل و نقل یک واحد محصول از گیاه (k) به مرکز توزیع (j); k∈K, j∈J

a_{ji} **:** هزینه ارسال یک واحد محصول از مرکز پخش (j) به مشتری (i); j∈J, i∈I

P_k **:** ظرفیت کارخانه (k); k∈K

D_j : ظرفیت مرکز توزیع (j); j∈J

R_i : تقاضای مشتری (k); k∈K

۳-۶-۳- متغیرهای تصمیم:

y_{kj}: مقدار کالا حمل و نقل شده از گیاه (k) به مرکز توزیع (j)؛ j∈J k∈K

x_{ji} : مقدار کالا حملو نقل شده از مرکز پخش (j) به مشتری (i)؛ i∈I j∈J

مدل:

Min (f)

$$f = \sum_k \sum_j b_{kj} y_{kj} + \sum_j \sum_i a_{ji} x_{ji} \qquad (۱)$$

Subject to:

$$\sum_j x_{ji} \geq R_i \qquad i \in I \qquad (۲)$$

$$\sum_{j} x_{ji} \le D_j \qquad j \in J \qquad (۳)$$

$$\sum_{j} y_{kj} \le P_k \qquad k \in K \qquad (۴)$$

$$\sum_{k} y_{kj} = \sum_{i} x_{ji} \qquad j \in J \qquad (۵)$$

$$x_{ji}, y_{kj} \ge ۰ \qquad k\epsilon K, j\epsilon J, i\epsilon I \qquad (۶)$$

در این مدل تابع هدف eq.۱[1] مبلغ هزینه حمل و نقل را به حداقل می رساند. محدودیت های eq.2 نیروی رضایت تقاضا برای هر مشتری است. محدودیت های eq.3 جریان از یک مرکز توزیع نباید از ظرفیت آن تجاوز کند. محدودیت های eq.4 این مفهوم را میرسانند که ظرفیت گیاهان قابل تجاوز نیستند. محدودیت های eq.5 حفظ تعادل جریان در هر مرکز توزیع و محدودیت های eq.6 برای اعلام متغیر است. درباره پیچیدگی محاسباتی مشکل آن چند جمله ای که مراکز ثابت ناتوان در حل مشکل(UFLP) شناخته شده،نشان داده شده است ،تقلیل به مدل بالا (بنیتز و همکاران، ۲۰۱۲) نیز شرح داده شده است. از آنجا که NP،UFLP سخت (کورنجوس[2]،۱۹۹۰) است.مدل بالا NP بیش از حد سخت نیز است.

نتایج عددی

یک شبیه ساز رشدیافته والگریتم بهینه ساز میتوانند برای بهینه کردن انبار ها در یک زمان یکسان و حساب کردن حد مطلوب برای زنجیره در تامین استفاده شوند،این الگریتم در شبیه ساز مطلب بنا شده است،که الگریتم ACO گفته می شود.الگریتم بر روی شبیه ساز مطلب مرکزی پیاده سازی شده است.دلیل انتخاب این جعبه ابزار این است میتواند هم محدودیت های خطی وغیر خطی را اداره کند.این شبیه ساز محدودیت های غیر خطی را در فرم $c(x) <= 0$ با استفاده از موانع 'نرم' یا 'تنبیه کردن ' اداره می کند.این مجازات کردن مثل موانع "نرم" ،بجزء تعدادی از ارزش خطاها که باید از رتبه خطای هر محدودیت حساب شوند.جدول ۱ مقدار محصولی را که میتوان از کارخانه ها به توزیع کنندگان با کمترین هزینه فرستاد را نشان می دهد و جدول شماره ۲ مقداری محصولی را که میتوان از توزیع کنندگان به مشتریان با کمترین هزینه فرستاد را نشان می دهد.جدول شماره ۳ نتایج گروه های مختلف را نشان می دهد.برای گروه ۲-۵-۲۰ با تکرار ۳۰۰۰ زمان اجرای الگریتم کمتر از گروه های دیگر است.در این مورد فاصله ها خیلی کوتاه هستند و این متود دقیق میتواند جواب درست و دقیق را به راحتی بدست بیاورد.در اگریتم های فرا ابتکاری زمان اجرا به تعداد تکرار بستگی دارد و زمانیکه تکرار زیاد باشد زمان اجرا نیز زیاد خواهد بود.همچنین هزینه نهایی برای گروه ۵-۲۰-۵ با تکرار ۴۵۰۰ کمترین هزینه را نسبت به دیگر گروه ها دارد.

جدول شماره ۳ نشان می دهد که برای گروه های مختلف با تکرار های مختلف می توان جواب های مختلفی بدست آورد.این الگریتم بعد از دادن جواب نهایی که همان هزینه نهایی حمل و نقل بین سه گره تامین کننده، توزیع کننده ومشتریان است، مقدار

1. Equal
2. Cornuejols

کالای قابل ارسال از کارخانه به تامین کنندگان و سپس به مشتریان برای رسیدن به این جواب نهایی را نیز نشان می دهد،که برای گروه ۲-۵-۲۰ با تکرار ۴۵۰۰ در جداول ۲و ۱نشان داده شده است.

جدول ۴-۱. نتیجه الگریتم برای مقدار ارسال بهینه از تولیدکنندگان به توزیع کنندگان

تولیدکنندگان	۱		۲	
متغییرها / توزیع کنندگان	هزینه	مقدار	هزینه	مقدار
۱	۱۶	۰.۰۲۸۹	۱۴	۹۶.۱۵۹
۲	۲۲	۰.۰۵۶۴	۱۶	۹۵.۰۸۸
۳	۲۴	۰.۰۸۸۳	۱۲	۱۷۵.۸۴
۴	۱۴	۰.۱۵۴۶	۱۲	۱۷۷.۸۵
۵	۱۲	۱۷۰.۷۴	۲۳	۰

همانطور که قبلا توضیح داده شد جدول یک مقدار محصول قابل ارسال از کارخانه به توزیع کنندگان را نشان می دهد ولی علاوه بر آن هزینه ارسال این تعداد را نیز نشان می دهد.که این هزینه برای یک واحد محصول می باشد.

جدول ۴-۲. نتیجه الگریتم برای مقدار ارسال بهینه از توزیع کنندگان به مشتریان

توزیع کنندگان	۱		۲		۳		۴		۵	
متغییرها / مشتریان	هزینه	مقدار	هزینه	مقدار	هزینه	مقدار	هزینه	مقدار	هزینه	مقدار
۱	۲۲	۰.۰۰۸۳	۳۰	۰.۰۴۴۷	۱۵	۱۵.۷۷۵	۳۱	۰.۰۰۸۹	۱۰	۲۷.۱۶۳
۲	۱۸	۰.۰۱۹۶	۱۱	۱۰.۴۵۲	۱۳	۳۶.۵۲۲	۳۵	۰	۳۱	۰.۰۰۶۵
۳	۱۹	۵.۱۳۴۳	۳۹	۰.۰۰۳۶	۱۱	۴.۵۶۴	۲۳	۵.۲۵۵۷	۲۱	۰.۰۴۲۴
۴	۳۳	۰.۰۲۰۷	۳۴	۰	۱۵	۴۶.۶۸۱	۲۵	۰.۰۷۹۳	۲۳	۰.۲۱۸۷
۵	۳۰	۰.۰۴۸۷	۳۱	۰.۰۳۵۷	۳۳	۰.۰۵۷۲	۱۸	۳۴.۸۳۹	۳۱	۰.۰۱۹۱
۶	۳۰	۰.۰۱۶۴	۱۵	۷.۹۹۰۹	۱۳	۴.۹۵۴۱	۲۵	۰.۰۳۵۸	۳۹	۰.۰۰۲۷
۷	۲۰	۰.۷۶۹	۲۸	۰.۴۰۱۳	۱۶	۱۹.۵۰۷	۳۳	۰.۰۲۶۱	۱۷	۰.۲۹۶۱
۸	۲۵	۱۵.۵۰۱	۳۱	۰.۶۸۷۱	۳۷	۰.۰۴۷۶	۳۹	۰.۰۱۱۲	۲۶	۱۵.۳۵۳
۹	۱۴	۱۸.۲۵۱	۱۴	۱۰.۲۲۴	۱۷	۲.۶۹۲	۳۶	۰.۰۰۳۹	۱۷	۱۷.۲۹
۱۰	۳۵	۰.۰۲۰۲	۱۷	۱۹.۹۳	۳۸	۰.۰۰۰۴	۲۰	۰.۱۰۴۸	۱۶	۲۸.۴۵
۱۱	۱۷	۷.۷۸۶۵	۲۹	۰.۷۴۷۵	۲۴	۲.۲۷۱۶	۲۰	۵.۱۸۵۹	۳۵	۰.۰۸۵
۱۲	۲۸	۰.۰۳۶۱	۲۷	۰.۰۸۳۶	۳۸	۰.۰۰۸۹	۱۸	۴۸.۸۶۵	۳۳	۰.۰۶۶
۱۳	۳۳	۰.۰۰۰۹	۲۱	۰	۲۷	۰.۰۱۵۵	۱۲	۲۲.۵۴۸	۱۱	۲۶.۴۳۵
۱۴	۲۶	۱.۹۴۹۵	۳۴	۰.۰۱۴۷	۳۸	۰.۰۰۳۳	۱۴	۲۷.۰۲۶	۲۷	۰.۰۶۲
۱۵	۲۴	۰.۰۰۵۷	۱۰	۲۴.۹۰۷	۲۰	۲.۳۶۷۹	۱۵	۱۴.۷۱۹	۳۴	۰
۱۶	۱۹	۰.۳۶۵۱	۲۶	۰.۰۰۳۷	۱۵	۱۰.۷۳۳	۲۸	۰.۷۷۶۷	۱۸	۳.۱۱۲
۱۷	۳۰	۰.۰۲۴	۳۱	۰.۰۰۱۶	۳۳	۰.۰۰۷۵	۲۳	۰.۱۳۴۱	۱۲	۲۶.۳۳
۱۸	۱۷	۲۱.۲۶۳	۳۸	۰.۰۱	۱۴	۲۵.۷۱۹	۳۵	۰.۰۰۷۳	۲۶	۰
۱۹	۴۰	۰.۰۱۰۹	۱۲	۱۹.۵۹۸	۲۳	۴.۰۰۱۱	۱۳	۱۸.۳۷۲	۳۹	۰.۰۷۶
۲۰	۱۰	۲۴.۹۵۷	۳۴	۰.۰۰۹	۳۵	۰	۳۶	۰.۰۰۱۳	۱۲	۲۴.۳۳

جدول۴-۳. نتایج حالات مختلف

بهترین هزینه	N	تکرار	(s)زمان اجرا	کد گروه
۲.۰۰۴۲	۲۵۰	۳۰۰۰	۴۲۵	۲.۵.۲۰
۱.۹۸۸۵	۲۵۰	۴۵۰۰	۴۹۲	۲.۵.۲۰
۲.۰۱۶	۳۵۰	۴۵۰۰	۵۶۴	۲.۵.۲۰
۱.۹۳۰۵	۲۵۰	۳۰۰۰	۴۹۶	۵.۵.۲۰
۱.۹۲۶۹	۲۵۰	۴۵۰۰	۵۷۱	۵.۵.۲۰
۱.۸۹۴۵	۳۵۰	۴۵۰۰	۶۳۹	۵.۵.۲۰
۲.۰۲۸۶	۲۵۰	۳۰۰۰	۸۰۳	۵.۱۰.۲۰
۲.۰۴۴۱	۲۵۰	۴۵۰۰	۸۶۸	۵.۱۰.۲۰
۱.۹۷۷۸	۳۵۰	۴۵۰۰	۹۱۷	۵.۱۰.۲۰
۴.۷۴۷۳	۲۵۰	۴۵۰۰	۱۱۲۱	۵.۱۰.۵۰
۴.۷۷۲۲	۳۵۰	۴۵۰۰	۱۲۳۶	۵.۱۰.۵۰
۴.۸۱۵۹	۴۵۰	۵۵۰۰	۱۴۱۶	۵.۱۰.۵۰

نتیجه گیری

در این مطالعه، طراحی زنجیره تامین چند هدفه مبتنی بر الگوریتم ACO ارائه شده است و حل مشکل کاربردی در یک زنجیره تامین. این مشکل به منظور به حداقل رساندن تابع هدف با انتخاب گزینه منابع برای یک محصول و عرضه زنجیره ای چند تحویل به طور همزمان، یعنی هزینه کل شبکه می پردازد. چند آزمایش برای پیدا کردن پارامترهای بهینه برای الگوریتم ACO انجام شده است. مشکل زنجیره تامین ارائه شده شامل دو کارخانه، پنج مرکز توزیع و بیست مشتری می باشد. همانطور که در نمودار ستونی نشان داده شده است، تمام قوس بین محصولات و مراکز توزیع از زنجیره تامین لزوما در جریان حمل و نقل مورد استفاده قرار می گیرند. به عبارت دیگر، انتخاب گیاهان و مراکز توزیع وابسته به هزینه واحد حمل و نقل محصولات بین محصولات و مراکز توزیع و همچنین مراکز توزیع و مشتریان می باشد. این هزینه های واحد توسط عوامل بسیاری از جمله محل محصولات و مراکز توزیع، نوع حمل و نقل محصولات بین آنها و غیره فرایند بهینه سازی است و توسط الگوریتم ACO انجام می شود .

الگوریتم مبتنی بر شرط اپسیلون ارائه شده توسط اولیوارس، بنیتز و همکارانش (۲۰۱۲) برای به دست آوردن مجموعه های کارآمد حقیقی استفاده شدند. بزرگ ترین فاصله حل شده با الگوریتم مبتنی بر شرط اپسیلون جهت بدست آوردن مجموعه کارآمد حقیقی آن از ۵ کارخانه، ۵ مرکز توزیع بلقوه و ۲۰ مشتری برخوردار است. برای ساخت مجموعه های تقریباً کارآمد برای فواصل بزرگ تر، این روش با محدودیت زمانی ۳۶۰۰ ثانیه در هر نقطه استفاده گردید. با فرض پیچیدگی مسئله، یک الگوریتم ابتکاری متا در این کار برای بدست آوردن مجموعه های تقریباً کارآمد برای فواصل بزرگ ایجاد شد. بزرگ ترین فاصله ای که در آن مجموعه تقریباً کارآمد بدست آمد دارای ۵۰ کارخانه، ۵۰ مرکز توزیع بالقوه و ۱۰۰ مشتری می باشد. نتایج برای الگوریتم ابتکاری متا با فواصل بزرگ مسئله مساعد بودند،البته مجموعه کارآمدی برای فواصل بزرگ توسط الگریتم مبتنی بر شرط اپسیلون بدست نیامد.در این تحقیق با استفاده از الگریتم ACO مجموعه مطلوب و کارآمد دارای ۵ کارخانه،۲۰ مرکز توزیع بالقوه و ۵۰ مشتری بدست آمد.

.

منابع

۱) دونلد جی، باورساکس دیوید جی، کلوس،مدیریت لجستیک زنجیره تامین،ترجمه ،چاپ ،۱۳۸۹

۲) جعفرنژاد،احمد،طراحی و کنترل زنجیره تامین،چاپ ،۱۳۹۱

۳) Aikens, C.H., 1985.Facility location models for distribution planning.European Journal of Operational Research22 (3), 263–279.

۴) Altiparmak,F.,Gen,M.,Lin,L.,Paksoy,T.,2006.Agenetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks.Computers andIndus-trial Engineering ۵۱(۱),۱۹۷□۲۱۶.

۵) Arntzen,B.C.,Brown,G.C.,Harrison,T.P.,Trafton,L.L.,1995.Global supply chain management at Digital Equipment Corporation.Interfaces25(1),69–93.

۶) Beamon, B., 1998.Supply chain design and analysis: models and methods.International Journal of Production Economics ۵۵(۳), ۲۸۱□۲۹۴.

۷) Chaabane, A., Ramudhin, A., Paquet, M., 2012. Design of sustain able supply chains under the emission trading scheme.International Journal of Production Economics 135(1), 37–49.

۸) Chan, F.T.S., Chung, S.H., Choy, K.L., 2006.Optimization of order ful fill mentin distribution network problems.Journal of Intelligent Manufacturing17 (3,۳۰۷–۳۱۹).

۹) Cornuejols, G.,Nemhauser,G.L.,Wolsey,L.A.,1990.The uncapacitated facility location problem .In:Mirchandani ,P.B.,Francis,R.L.(Eds.), DiscreteLocationTheory. Wiley, NewYork, USA, pp.119–171. (Chapter3).

۱۰) Current, J., Min, H., Schilling, D., 1990. Multi objective analysis of facility location decisions. European Journal of Operational Research 49(3), 295–307.

۱۱) Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., Meyarivan, T., 2002. A fast and elitist multi objectivegenetic algorithm: NSGA-II.IEEE Transactions on Evolutionary Computation6)۲ ,(۱۸۲–۱۹۷).

۱۲) Ehrgott, M., 2005.Multi criteria Optimization. Springer, Berlin, Germany.

۱۳) ElMaraghy, H.A., Majety, R., 2008 .Integrated supply chain design using multi‐criteria optimization. International Journal of Advanced Manufacturing Tech‐nology 37(3), 371–۳۹۹.

۱۴) Farahani, R.Z., Steadie Seifi, M., Asgari, N., 2010. Multi plecriteria facility location problems: asurvey. Applied Mathematical Modelling 34(7), 1689–1709.

۱۵) Funaki, K., 2012. Strategic safety stock placement in supply chain design withdue‐date based demand .International Journal of Production Economics 1351,(4–۱۳).

۱۶) Graves, S.C., Willems, S.P., 2005. Optimizing the supply chain configuration for new products.Management Science 51(8), 1165–1180.

۱۷) Griffis, S.E., Bell, J.E., Closs, D.J., 2012.Metaheuristics in logistics and supply chain management. Journal of Business Logistics 33(2), 90–106.

۱۸) Gumus, A.T., Guneri, A.F., Keles, S., 2009.Supply chain network design using an integrated neuro-fuzzy and MILP approach: acomparative design study.Expert Systems with Applications 36(10), 12570–12577.

۱۹) ILOG SA, 2005.ILOGCPLEXC all able Library CAPI9.1ReferenceManual.ILOG, France.

۲۰) ILOG SA, 2008.ILOGCPLEX Call able Library CAPI11.1 Reference Manual.ILOG, France.

۲۱) Klose, A., Drexl, A., 2005.Facility location models for distribution system design.European Journal of Operational Research 162(1), 4–29.

۲۲) Laguna, M., Marti, R., 2003. ScatterSearch: Methodology and Imple mentations inC. Kluwer Academic Publishers, Norwell, USA.

۲۳) Liao, S.-H., Hsieh, C.-L., Lai, P.-J., 2011. An evolutionary approach for multi–objective optimization of the integrated location-inventory distribution network problem in vendor-managed inventory.Expert Systems with Appli–cations 38(6), 6768–6776.

۲۴) Maniezzo, V., Stutzle, T., Voß, S., 2010. Matheuristics: hybridizing metaheuristics and mathematical programming. Annals of Information Systems, ۱۰.□□□□□□□□ ,New York, USA.

۲۵) Mansouri,S.A.,Gallear,D.,Askariazad,M.H.,2012.Decision support for build-to–order supply chain management through multi-objective optimization.Inter–national Journal of Production Economics135(1),24–36.

۲۶) Marvin, W.A.,Schmidt,L.D.,Benjaafar,S.,Tiffany,D.G.,Daoutidis,P., ۲۰۱۲.Economic optimization of aligno cellulosic bio mass-to-ethanol supply chain.Chemical Engineering Science67(1),68–79.

۲۷) Marti, R., Campos, V., Resende, M.G.C., Duarte, A., 2011.Multi objective GRASP with Path Relinking. Technical Report, AT&T Labs Research ,Florham Park, New Jersey, USA.

۲۸) Melo, M.T., Nickel, S., Saldanha-da-Gama, F., 2009. Facility location and supply chain management—a review. European Journal of Operational Research1962 ,(۴۰۱–۴۱۲.)

۲۹) Moncayo-Martinez, L.A., Zhang, D.Z., 2011.Multi-objective antcolony optimisa–tion: ameta-heuristic approach to supply chain design.International Journal of Production Economics131 (1), 407–420.

۳۰) Olivares-Benitez, E., Gonza´ lez-Velarde, J.L., Rı´os-Mercado, R.Z., 2012.Asupply chain design problem with facility location and bi-objective transportation choices. TOP20(3),729–753.

۳۱) Paksoy, T., Pehlivan, N.Y., O¨ zceylan, E., 2012.Application of fuzzy optimization to a supply chain network design: a case study of anedib levegetableoils manufacturer. Applied Mathematical Modelling 36(6), 2762–2776.

۳۲) Pati, R.K., Vrat, P., Kumar, P., 2008.A goal programming model for paper recycling system. Omega36(3),405–417.

۳۳) Pinto-Varela, T., Barbosa-Po´ VOA, A.P.F.D., Novais, A.Q., 2011.Bi-objective optimization approach to the design and planning of supply chains: economic versus environmental performances. Computers and Chemical Engineering 35(8), 1454–۱۴۶۸.

۳۴) Pishvaee, M.S., Farahani, R.Z., Dullaert, W., 2010. Amemetic algorithm forbi–objective integrated forward/rever selogistics network design.Computers andOperations Research37 (6), 1100–1112.

۳۵) Resende, M.G.C., Ribeiro, C.C., 2003.Greedy Randomized Adaptive Search Proce–dures. In:Glover, F.,Kochenberger,G.A.(Eds.),handbook of Metaheuristics.Kluwer Academic Publisher s,NewYork,USA,pp.219–250.(Chapter8).

۳۶) Sadjady, H., Davoudpour, H., 2012.Two-echelon, multi-commodity supply chain network design with mode selection, lead-time sand inventory costs.Computers and Operations Research39 (7), 1345–1354.

۳۷) Sahin, G.,Sural,H.,2007.Areviewofhierarchicalfacilitylocationmodels.Computers andOperationsResearch34(8),2310–2331.

۳۸) Sousa, R., Shah, N., Papageorgiou, L.G., 2008.Supply chain design and multi level planning—an industrialcase .Computers and Chemical Engineering32 (11), 2643–۲۶۶۳.

۳۹) Steuer, R.E., 1989.Multi ple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application. Krieger Publishing Company, Malabar, USA.

۴۰) Talbi, E., 2009. Metaheuristics: From Design to Implementation.Wiley, Hoboken, USA.

۴۱) Thomas, D.J., Griffin, P.M., 1996.Coordinated supply chain management. European Journal of Operational Research94 (1), 1–15.

۴۲) Vidal, C.J., Goetschalckx, M., 1997.Strategicproduction-distribution models: a critical review with emphasison global supply chain models.European Journal of Operational Research98 (1), 1–18.

۴۳) Zeng, D.D., 1998.Multi-issue Decision Making in Supply Chain Management and Electronic Commerce.Ph.D.Dissertation. Graduate School of Industrial Administration and Robotics Institute,Carnegie Mellon University,Pittsburgh,USA,December.

۴۴) Zitzler, E., Laumanns, M., Thiele, L., 2001.SPEA2: Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm .Technical Report, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, Switzerland.