

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

یک الگوریتم ژنتیک چندهدفه با کدگذاری درخت با اولویت برای مسئله برنامه ریزی تولید/توزیع در زنجیره تامین

علیرضا پورروستا^{۱*}

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، باشگاه پژوهشگران جوان، تهران، ایران (pourrousta@yahoo.com)

چکیده

در این مقاله یک مدل چند هدفه تولید/توزیع زنجیره تامین چند سطحی با چند محصول و چند دوره زمانی توسعه داده شده است به طوری که محدودیت های نفر - ساعت نیروی کار، سطح دسترسی به نیروی انسانی و بودجه کل در نظر گرفته شده است. مدل از دو هدف حداقل ساختن هزینه های کل سیستم و حداقل ساختن زمان های ارسال کالا به مشتریان تشکیل شده است. روش مورد استفاده در حل مدل روش ژنتیک چند هدفه مرتب سازی نامغلوب (NSGA-II) است. برای کدگذاری جواب های مسئله از رویکرد درخت با اولویت استفاده شده است که نسبت به روش های دیگر کدگذاری طراحی شبکه دارای برتری محسوس است. برای اعتبار سنجی مدل پیشنهادی تعدادی مسئله نمونه در ابعاد مختلف با روش های (NSGA-II) و انبوه ذرات چند هدفه حل شد که با نتایج به دست آمده نشان داده شد که الگوریتم (NSGA-II) دارای عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم رقیب است.

واژه های کلیدی: مدل چند هدفه تولید/توزیع، جواب های نامغلوب، ژنتیک چند هدفه مرتب سازی نامغلوب، درخت با اولویت، الگوریتم انبوه ذرات چند هدفه

۱- مقدمه و مرور ادبیات موضوع

یک زنجیره تامین را می توان به عنوان ساختاری یکپارچه شامل خرید، تولید، نگهداری، توزیع و کنترل اجناس در نظر گرفت. یک زنجیره تامین معمولی شامل تامین کنندگان، کارخانه های تولیدی، مراکز توزیع و مشتریان هستند که هدف آنها تبدیل مواد اولیه به محصول نهایی و در نهایت ارسال آنها به مشتری با حداقل هزینه است [۱]. افزایش فشارهای رقابتی در بازارهای جهانی به همراه پیشرفتهای سریع فناوری اطلاعات موجب شده است که زنجیره تامین جلودار سازمانهای تولیدی و خدماتی در حرکت به سوی توسعه پایدار باشد [۲]. در سالین اخیر توجه زیادی در یکپارچه سازی برنامه ریزی و تصمیم گیری در فرآیندهای زنجیره تامین صورت گرفته است. در گذشته معمولاً برنامه ریزی های عناصر موجود در تولید و توزیع یک محصول شامل مراکز تامین، مراکز تولید و مراکز توزیع یک محصول هریک به طور جداگانه انجام می گرفت که این امر مشکلات و هزینه های گوناگونی را در

^۱ و * - نویسنده مسئول: کارشناس ارشد مهندسی صنایع

چرخه تولید محصول به بار می‌آورد، از نواقص چنین برنامه‌ریزی‌هایی می‌توان به عدم هماهنگی بین تولید کننده، توزیع کننده و فروشنده در دریافت، ارسال، تولید و توزیع کالاها، عدم چابکی و سرعت در ارسال مواد اولیه و محصول نیمه ساخت از مراکز تأمین به مراکز تولید و در نتیجه آن افزایش زمان ارسال کالاها و محصولات از مراکز فروش به مشتریان اشاره کرد.

شرکت‌های بسیاری با برقراری شبکه‌های گسترده ارتباطاتی میان شرکا و تأمین کنندگان به سمت یکپارچگی، در کل زنجیره خود پیش رفته‌اند. در این زنجیره، تأمین کنندگان با دسترسی به جدیدترین اطلاعات تولید کنندگان، خود را برای تهیه به موقع نیازهای آنها آماده می‌کنند و توزیع کنندگان نیز با کسب آخرین اطلاعات مربوط به مشتریان و بازار، تولید کنندگان را در جهت طراحی، تولید و عرضه به موقع محصولات یاری می‌رسانند. در جهت یکپارچه سازی فرآیندهای موجود در زنجیره تأمین مدل‌ها و ابزارهای گوناگونی وجود دارند که دو دسته عمده‌ی آن عبارتند از:

۱- مدل‌های مفهومی شامل: مدل¹ SCOR، مدل دپارتمان نیروی دریایی آمریکا، مدل شرکت BGT، مدل دانشگاه تنسی و آژانس دفاعی لجستیک² (DLA) - مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی

یکپارچه‌سازی و هماهنگی سیستم‌های مجتمع خرید - تولید - توزیع موضوع بسیاری از تحقیقات مسایل زنجیره تأمین در سالهای اخیر شده است. ارنگوک و همکاران [۳]، سارمینتو و ناگی [۴]، بیلگن و اوزکاراهان [۵]، آرشیندر و همکاران [۶]، پیدرو و همکاران [۷]، میولا و همکاران [۸] یک مرور کامل بر روی مدل‌های تولید و توزیع انجام دادند. کاندرا و فیشر [۹] یک مقاله بنیادی در مورد سیستم یکپارچه تولید، موجودی و توزیع منتشر کردند که به بررسی یک سیستم دو مرحله‌ای شامل تنها یک تولیدکننده که محصول نهایی تولید می‌کند و مسیریابی این محصولات به طوری که تقاضای خرده فروش‌ها تأمین گردد، می‌پرداخت.

صبری و بيمون [۱۰] به بررسی شبکه زنجیره تأمین شامل تأمین کنندگان، کارخانجات، مراکز توزیع و نواحی تقاضا پرداخته‌اند. در این مطالعه سطح استراتژیک ساختار بهینه شبکه تعیین می‌شود. مسئله چند محصوله، با تقاضای غیر قطعی و شامل چند ماده اولیه است. چان و همکاران [۱۱] مسئله‌ای را برای پیدا کردن تورهای جدا از هم برای وسایل نقلیه جهت توزیع کالا از انبارها به نقاط تقاضا با مقادیر احتمالی طراحی کرده‌اند

جایرمن و پیرکول [۱۲] زنجیره تأمین شامل تأمین کنندگان، کارخانجات مراکز توزیع و نواحی تقاضا را با چند محصول با تقاضای قطعی بررسی می‌کنند و مدلی برای تصمیم‌گیری همزمان در دو سطح استراتژیک و عملیاتی برای راه اندازی تسهیلات، تعیین میزان تولید، تخصیص مراکز توزیع به نواحی تقاضا و میزان حمل‌ارایه داده‌اند. دسکی و ورتر [۱۳] به مقوله راه اندازی تعدادی تسهیلات جدید در یک فضا می‌پردازند به گونه‌ای که هر یک از تسهیلات به یک محدوده تقاضا سرویس بدهد. نوزیک [۱۴] مکان‌یابی تسهیلات را در بین نقاط تقاضا با مقادیر قطعی بررسی کرده است. در صورتی که یک نقطه تقاضا در فاصله مجاز مشخص شده از یک تأمین کننده سرویس بگیرد می‌گوییم تقاضای آن محل پوشش داده شده است.

الیف و همکاران [۱۵] در مقاله‌ای به بررسی مسأله برنامه‌ریزی یکپارچه چند دوره‌ای، چند محصولی تولید-توزیع در زنجیره تأمین، به طوری که تقاضای مشتری و ظرفیتهای تولید نامعین هستند، پرداختند. مدل یکپارچه تولید-توزیع پیشنهاد شده مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی فازی است که تابع هدف فازی و محدودیتها منعطف هستند. مدل با الگوریتم ژنتیک حل شده و یک جواب تقریبی به دست آمده است. پیدرو و همکاران [۷] کارایی یک رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی فازی را برای برنامه‌ریزی زنجیره‌تأمین تحت شرایط عدم قطعیت تشریح کردند. مدل فازی به طور یکجا همه عدم قطعیت‌های ذاتی منابع را در برنامه‌ریزی زنجیره‌تأمین تاکتیکی به دلیل فقدان اطلاعات (تقاضا، فرآیند، عرضه) پوشش می‌دهد. این‌مدل با استفاده از اطلاعات یک مسأله زنجیره‌تأمین واقعی (تولید اتومبیل) آزمایش می‌شود.

¹ Supply Chain Operation Reference Model

² Defense Logistics Agency

وانگ و همکاران [۱۶] با در نظر گرفتن سطوح خدمت مورد نیاز، به طراحی یک سیستم لجستیکی شامل تعدادی مراکز تولید، انبارها یا مراکز توزیع و مشتریان با مقادیر تقاضای غیر قطعی می‌پردازد. مسافت‌ها توزیع احتمالی دارند. ساریف و همکاران [۱۷] نیز شبکه زنجیره تأمین شامل تأمین کنندگان، کارخانجات و مراکز توزیع را مورد بررسی قرار داده‌اند. تصمیماتی که باید در این شبکه اتخاذ شوند شامل راه‌اندازی کارخانجات و مراکز توزیع، میزان تولید و حمل محصولات است. ژو و همکاران [۱۸] شبکه زنجیره تأمین را طراحی کرده‌اند که هزینه حمل و نقل و سطح خدمت را به بهترین وجه متعادل کند به گونه‌ای که تا حد امکان به همه مراکز توزیع بارکاری یکسان داده شود و کل مسافت حمل شبکه کمینه شود.

سیام [۱۹] مدل زنجیره تأمین شامل کارخانجات و انبارها با مقادیر تقاضای قطعی مشتریان از چند محصول را ارائه داده است. ظرفیت کارخانجات و انبارها به عنوان گره‌های گراف، خطوط ارتباطی بعنوان یال‌ها و تعداد تسهیلاتی که می‌توانند باز باشند محدودیت دارد. موکاشی و کوکوسیسی [۲۰] به برنامه‌ریزی تولید و توزیع در یک سیستم متشکل از تعدادی مراکز تولید و انبارها می‌پردازند. تحویل کالا به مشتریان از دو کانال حمل مستقیم از کارخانه یا توزیع از طریق انبارها انجام می‌شود. انباری که هر کارخانه می‌تواند کالاهای تولیدی را به آن ارسال کند و نرخ تولید مشخص است.

جایرمن و روس [۲۱] به طراحی شبکه توزیعی شامل یک مرکز تولید، تعدادی مراکز توزیع و همزمانی بارانداز^۱ پرداخته‌اند. هر بارانداز یک محصول را تنها از یک مرکز توزیع می‌تواند تأمین کند و هر ناحیه تقاضا نیز هر محصول را فقط از یک بارانداز تهیه می‌کند و هیچ محدودیتی در ظرفیت‌ها وجود ندارد.

۲- مدلسازی مسأله

مدل چند محصولی، چند دوره ای در مسأله تولید/توزیع در یک زنجیره تأمین را می‌توان به شکلی که در ادامه می‌آید شرح داد. فرض کنید که مرکز لجستیک در یک زنجیره تأمین تلاش می‌کند تا برنامه ای برای تولید و توزیع n نوع محصول همگن از منابع I (کارخانه‌ها) به مقاصد J (مراکز توزیع) برای ارضای تقاضای بازار در یک دروه زمانی H ارائه دهد. منابع نیروی انسانی، سطح دسترسی ماشین آلات و ظرفیت انبارها در مراکز توزیع محدود هستند. ظرفیت هر کامیون از هر منبع به مقاصد مختلف مقدار ثابتی است و به هر منبع یک کامیون برای حمل کالاها تخصیص داده شده است. دیگر فرضیات مدل به شرح زیر اند:

- تمام محدودیتها و توابع هدف خطی هستند.
- هزینه های تولید در هر منبع و هزینه های توزیع در هر مسیر به ترتیب متناسب با تعداد تولید و ارسال است.
- مقادیر ضرایب هزینه در توابع هدف و محدودیت ها در طول دوره برنامه ریزی مقدار ثابتی هستند.
- تقاضای پیش بینی شده در هر دوره برای هر مقصد می‌تواند به صورت سفارش پس افست برآورده شود.

۲-۱- اندیسه‌ها، متغیرهای تصمیم گیری و پارامترهای مسأله

i : اندیس منابع

j : اندیس مقاصد

n : اندیس نوع محصول

^۱ Cross - docking

h اندیس دوره زمانی

Q_{inh} : مقدار تولید در وقت عادی برای محصول n توسط منبع i در دوره h

V_{inh} : مقدار تولید توسط پیمانکار خارجی برای محصول n توسط منبع i در دوره h

W_{inh} : سطح موجودی محصول n برای منبع i در دوره h

E_{inh} : کمبود پس افت محصول n برای منبع i در دوره h

T_{inhj} : مقدار توزیع محصول n از منبع i به مقصد j در دوره h

a_{inh} : هزینه تولید در وقت عادی برای محصول n توسط منبع i در دوره h

b_{inh} : هزینه تولید توسط پیمانکار خارجی برای محصول n توسط منبع i در دوره h

c_{inh} : هزینه نگهداری محصول n توسط منبع i در دوره h

d_{inh} : هزینه کمبود پس افت محصول n برای منبع i در دوره h

k_{inhj} : هزینه ارسال محصول n از منبع i به مقصد j در دوره h

u_{inhj} : زمان ارسال محصول n از منبع i به مقصد j در دوره h

s_{inhj} : ظرفیت هر کامیون برای ارسال محصول n از منبع i به مقصد j در دوره h

D_{nhj} : تقاضا برای محصول n در دوره h توسط مقصد j

I_{in} : مقدار نفر-ساعت در منبع i برای تولید یک واحد محصول n

F_{ih} : ماکزیمم سطح نیروی کار در دسترس در منبع i برای محصول n

r_{in} : مقدار ماشین-ساعت در منبع i برای تولید یک واحد محصول n

M_{ih} : ماکزیمم سطح ماشین در دسترس در منبع i برای محصول n

v_n : فضای مورد نیاز برای هر واحد محصول n

R_{hj} : ماکزیمم فضای موجود انبار برای مقصد j در دوره h

B : بودجه کل

۲-۲- توابع هدف مدل

در این تحقیق از مدل چند هدفه برای مدلسازی مسأله چند محصولی و چند دوره ای استفاده شده است. در جهان واقعی بیشتر مسائل تولید/توزیع، هزینه های تولید، هزینه های توزیع و یا زمان های ارسال حداقل می شوند. به علاوه، بیشتر تصمیمات کاربردی درگیر در مشاغل باید هزینه هایی چون هزینه های عملیاتی، سطح موجودی، منابع موجود، تقاضای بازار، دوره عمر محصول، قوانین استخدام و دیگر فاکتورها را برای حداقل کردن مجموع هزینه ها و زمان های ارسال در نظر بگیرند. به این ترتیب دو هدف مسأله شامل حداقل سازی هزینه ها و زمانهای ارسال به شرح زیر اند:

$$\min z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H a_{inh} Q_{inh} + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H b_{inh} V_{inh} + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H c_{inh} W_{inh} + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H d_{inh} E_{inh} + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^J k_{inhj} T_{inhj} \quad (1)$$

$$\min z_2 = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^J \left[\frac{u_{inhj}}{s_{inhj}} \right] T_{inhj} \quad (2)$$

تابع هدف اول مجموع هزینه ها، شامل هزینه تولید داخلی، هزینه تولید توسط پیمانکار خارجی، کمبود پس افت و توزیع را حداقل می کند. تابع هدف دوم مجموع زمانهای ارسال را حداقل می کند.

۳-۲- محدودیت ها

s.t.

$$W_{inh-1} - E_{inh-1} + Q_{inh} + V_{inh} - \sum_{j=1}^J T_{inhj} = W_{inh} - E_{inh} \quad \forall i, n, h \quad (3)$$

$$W_{inh-1} - E_{inh-1} + Q_{inh} + V_{inh} \geq \sum_{j=1}^J T_{inhj} \quad \forall i, n, h \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I T_{inhj} = D_{nhj} \quad \forall n, h, j \quad (5)$$

$$\sum_{n=1}^N I_{in} Q_{inh} \leq F_{ih} \quad \forall i, h \quad (6)$$

$$\sum_{n=1}^N r_{in} Q_{inh} \leq M_{ih} \quad \forall i, h \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N v_n T_{inhj} \leq R_{hj} \quad \forall h, j \quad (8)$$

$$z_1 \leq B \quad (9)$$

$$Q_{inh}, V_{inh}, E_{inh}, W_{inh}, T_{inh} \geq 0 \quad \forall i, n, h, j \quad (10)$$

محدودیت (۳) تعادل تولید و کمبود را نشان می دهد به طوری که مقدار موجودی در دوره قبل و تولید در دوره جدید باید برابر با مقدار موجودی دوره جدید باشد. محدودیت (۴) تضمین می کند که مقدار موجودی دوره قبل و تولید در دوره جدید مقدار توزیع را برآورده می کند. محدودیت (۵) بیان می کند که مقدار ارسال از منابع به مقاصد باید تقاضای هر محصول را در هر دوره برآورده کند. محدودیت های (۶)، (۷) و (۸) نیز به ترتیب محدودیت های حداکثر سطح نیروی انسانی، ماشین آلات در دسترس و فضای انبار را نشان می دهد. محدودیت (۹) حداکثر بودجه در دسترس را تضمین می کند. و محدودیت (۱۰) غیر منفی بودن متغیرهای تصمیم را نشان می دهد.

۳-روش حل با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه مرتب سازی نامغلوب (NSGA-II)¹

مسأله مورد بررسی در این تحقیق را می توان به عنوان مسأله مکان یابی با محدودیت ظرفیت در نظر گرفت [۲۲]. در نتیجه مسأله زنجیره تأمین در این تحقیق به مسائل NP-Hard تعلق دارد. بنابراین برای حل این گونه مسائل نمی توان از روش های دقیق استفاده کرد. در این تحقیق برای حل مدل ارائه شده از روش ژنتیک چند هدفه مرتب سازی نامغلوب استفاده شده است. NSGA-II الگوریتم مبتنی بر الگوریتم ژنتیک است که توسط دب و همکاران [۲۳] معرفی شد.

۳-۱- نمایش جواب با استفاده از الگوریتم درخت با اولویت

در طراحی هر الگوریتم فرا ابتکاری نخستین قدم ایجاد ساختاری برای نمایش جوابها است. روش های مختلفی برای کدگذاری در مسایل طراحی شبکه پیشنهاد شده است که می توان به روشهای گراف و کدگذاری ماتریسی اشاره کرد. در این تحقیق برای کدگذاری شبکه از روش درخت اولویت دار استفاده شده است که نسبت به دو روش ذکر شده دارای کارایی بالاتری است. ساختار جواب در نظر گرفته شده در این مسأله به شکل $[X]_{ij}$ است به طوری که X برداری از جواب موجه است. i تعداد جواب های تولید شده و j تعداد متغیر های مسأله است. برای مقدار دهی اولیه به X از رابطه زیر استفاده می کنیم.

$$X_{ij} = X_{ij}(\min) + [X_{ij}(\max) - X_{ij}(\min)] * a_1 \quad (11)$$

به طوری که $X_{ij}(\min)$ و $X_{ij}(\max)$ به ترتیب حداقل و حداکثر مقدار متغیر X_{ij} هستند. و a_1 عددی بین صفر و یک است. برای فازهای حمل و نقل بین مراکز از روش کدگذاری بر مبنای درخت با اولویت [۲۴] استفاده شده است. به عنوان مثال در شکل (۱) مرحله تأمین کننده - تولید کننده به همراه ماتریس هزینه واحد حمل و نقل نشان داده شده است. اولویت برای هر گره با توجه به هزینه به دست می آید هر گره ای که هزینه حمل و نقل آن کمتر باشد اولویت بالاتری دارد. هزینه هر گره به شکل زیر محاسبه می شود:

$$C(1) = c(1,1) + c(1,2) + c(1,3) + c(1,4) = 12, C(2) = 17, C(3) = 10$$

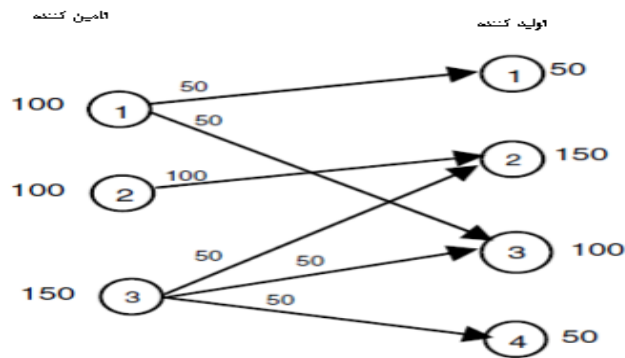
$$C(1) = c(1,1) + c(2,1) + c(3,1) = 10, C(2) = 12, C(3) = 9, C(4) = 8$$

پس از این که گره ها اولویت بندی شدند نوبت به تخصیص می رسد. در این جا بالاترین اولویت به گره ۴ اختصاص دارد و کمترین هزینه ارسال به گره ۴، گره ۳ با هزینه ۱ واحد است بنابراین ۵۰ واحد از گره ۳ به گره ۴ حمل می شود.

¹ Non-dominated sorting genetic algorithm

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 6 & 3 & 2 \\ 2 & 6 & 2 & 4 & 5 \\ 3 & 3 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ماتریس هزینه



شماره گره	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۴
اولویت	۷	۵	۳	۴	۶	۲	۱

شکل ۱: شبکه مرحله‌ی تأمین - تولید و نحوه کدگذاری آن

در شکل (۲) شبه کد استفاده شده برای کدگذاری بر مبنای درخت اولویت دار نشان داده شده است.

ورودی:

- S : مجموعه منابع
- P : مجموعه مقاصد
- b_p : تقاضای مقصد p
- a_s : ظرفیت منبع s
- c_{sp} : هزینه حمل و نقل بین منبع s و مقصد p
- $v(s+p)$: ساختار جواب

خروجی:

- مقدار ارسال از منبع s به مقصد p : g_{sp}
- قدم ۱: $g_{sp} \rightarrow 0$
- قدم ۲: $l \rightarrow \text{argmax}\{v(t), t \in |s| + |p|\}$ (انتخاب یک گره)
- قدم ۳: اگر $l \in k$ پس $l \rightarrow s^*$ (انتخاب منبع)
- قدم ۴: $\text{argmin}\{c_{sp} \mid v(p) \neq 0, p \in P\} \rightarrow p^*$ در غیر این صورت $l \rightarrow p^*$ (انتخاب مقصد)
- قدم ۴: $\min(a_{s^*}, b_{p^*}) \rightarrow g_{s^* p^*}$

به روز کردن مقدار موجودی در منابع (s^*) و مقاصد (p^*)

$$a_{s^*} = a_{s^*} - g_{s^* p^*} \quad b_{p^*} = b_{p^*} - g_{s^* p^*}$$

اگر $a_{s^*} = 0$ آن گاه $v(s^*) = 0$

اگر $b_{p^*} = 0$ آن گاه $v(p^*) = 0$

قدم ۵: اگر $(|s| + z) = 0$ هزینه های حمل و نقل را حساب و خارج شوید.
در غیر این صورت به قدم ۱ بروید.

شکل ۲: کد گشایی الگوریتم برای کدگذاری اولویت محور

۳-۲- عملگر تقاطع

عملگر تقاطع مورد استفاده یک عملگر تقاطع مبتنی بر تعویض قسمت های دو جواب منتخب با هم است. در این عملگر ابتدا به کمک یک بردار دو قسمتی که مقادی صفر و یک را به صورت تصادفی می پذیرد، تولید می شود. سپس بر مبنای این بردار جابه جایی جهت تولید جواب جدید انجام می گیرد. در شکل (۳) نحوه عملگر تقاطع نشان داده شده است.

والد اول	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
	2	6	3	1	5	4	3	4	5	7	2	1	6
	مرحله اول						مرحله دوم						
والد دوم	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
	3	5	4	1	2	6	2	7	5	4	6	1	3
	مرحله اول						مرحله دوم						
بردار تصادفی ۰ و ۱	1						0						
جواب تولید شده	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
	2	6	3	1	5	4	2	7	5	4	6	1	3
	مرحله اول						مرحله دوم						

شکل ۳: عملکرد عملگر تقاطع

۴- مثالهای عددی و نتایج محاسباتی

برای اعتبارسنجی الگوریتم پیشنهادی، ۱۰ مثال با استفاده از اعداد تصادفی تولید شده و با استفاده از الگوریتم فراابتکاری انبوه ذرات چندهدفه (MOPSO) و NSGA-II محیط نرم افزار MATLAB ویرایش R2010a با کامپیوتری با Intel® Core™ Due CPU و 2.2 GB RAM برنامه نویسی و حل شد. در ادامه، الگوریتمها به کمک شاخصهای مسایل چندهدفه مقایسه شده اند. نتایج دست آمده نشان می دهد که الگوریتم NSGA-II عملکرد بهتری از MOPSO دارد. (در جدول (۲) مقادیر پارامترها آمده است).

جدول ۲: مقادیر پارامترهای مورد استفاده در مسایل نمونه

پارامتر	a_{inh}	b_{inh}	C_{inh}	d_{inh}	k_{inhj}	u_{inhj}	D_{nhj}
توزیع پارامتر	U(5,10)	U(10,15)	U(20,25)	U(5,20)	U(15,25)	U(10,30)	U(100,200)

۴-۱- شاخصهای محاسباتی الگوریتمهای چند هدفه

تعریف مناسب معیارها برای ارزیابی یک الگوریتم خیلی مهم است. اگرچه وقتی با مسایل بهینه سازی چندهدفه مواجهیم، دلایل گوناگونی وجود دارد که تشخیص جوابهای با کیفیت را مشکل می کند. مشکل اول این است که ما می خواهیم به جای یک

جواب، چند جواب تولید کنیم (هدف ما این است که تا آنجایی که ممکن است مجموعه جواب‌های پارتو تولید کنیم). دومین مشکل طبیعت تصادفی الگوریتم‌های تکاملی است که منجر به تعداد زیادی رانش برای تشخیص عملکردشان می‌گردد. بنابراین، نتایجمان باید توسط آنالیزهای آماری اعتبار سنجی گردد. در زیر تعدادی از شاخص‌های ارزیابی مسایل چندهدفه معرفی شده و برای هر مسأله نمونه محاسبه می‌شود.

۴-۱-۱- تعداد جواب‌های نامغلوب (NPS)

این شاخص تعداد جواب‌های بهینه نامغلوب را اندازه‌گیری می‌کند. بدیهی است هر چه تعداد جواب‌های نامغلوب الگوریتمی بیشتر باشد آن الگوریتم کارتر است. جواب نامغلوب جوابی است که در یک معیار بهترین جواب باشد و در بقیه معیارها بدتر نباشد.

۴-۱-۲- شاخص فاصله^۱ (SM)

شاخص فاصله به ما این امکان را می‌دهد تا یکنواختی توزیع نقاط نامغلوب را در مجموعه جواب‌های نامغلوب اندازه‌گیری کنیم. تعریف این شاخص مطابق زیر است:

$$S = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{d} - d_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

که در آن d_i فاصله جواب i ام از نزدیکترین جواب در مجموعه جواب‌های نامغلوب و n ، تعداد جواب‌های نامغلوب و \bar{d} میانگین d_i ها است. درمقایسه دو الگوریتم هر چه شاخص فاصله توسط الگوریتم کمتر باشد آن الگوریتم بهتر است.

۴-۱-۳- شاخص تنوع^۲ (DM)

این شاخص توزیع مجموعه جواب را اندازه‌گیری می‌کند. تعریف آن به صورت زیر است:

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n \max(x'_i - y'_i)}$$

به طوری که $x'_i - y'_i$ فاصله اقلیدوسی بین جواب نامغلوب x'_i و جواب نامغلوب y'_i است.

۴-۲- مقایسه الگوریتم‌های MOPSO و NSGA-II

در جداول (۳) و (۴) برای ۱۰ مسأله نمونه شاخص‌های تعداد جواب‌های نامغلوب (NPS)، شاخص فاصله‌ی جواب‌ها (SM) و شاخص تنوع (DM) محاسبه شده‌اند. در جدول (۵) میانگین جواب‌های به دست آمده نشان می‌دهد که الگوریتم NSGA-II در شاخص‌های تعداد جواب‌های نامغلوب (NPS)، شاخص فاصله (SM) و شاخص تنوع (DM) عملکرد بهتری از NSGA-II دارد همچنین زمان حل الگوریتم MOPSO نسبت به NSGA-II کمتر است.

¹ Spacing Metric

² Diversification Metric

جدول ۳: نتایج حاصل از الگوریتم MOPSO

مسئله	تعداد منابع	تعداد مقاصد	شاخص NPS	شاخص SM	شاخص DM	شاخص CPU time
۱	۲	۳	۷	۰/۲۳۵	۱/۲۵	۱۲
۲	۲	۳	۶	۰/۴۵۶	۱/۰۲	۱۰
۳	۳	۴	۹	۰/۱۲۱	۱/۴۸	۳۲
۴	۳	۴	۱۱	۰/۶۳۲	۰/۳۲	۲۸
۵	۴	۵	۸	۰/۸۵۲	۰/۷۵	۳۶
۶	۴	۵	۴	۰/۳۲۱	۰/۸۵	۴۱
۷	۵	۱۰	۱۲	۰/۱۱۰	۰/۳۲	۷۹
۸	۵	۱۰	۶	۰/۱۲۴	۱/۵۸	۸۴
۹	۶	۲۰	۵	۰/۷۰۶	۱/۳۸	۱۲۴
۱۰	۶	۲۰	۸	۰/۳۱۱	۱/۶۵	۱۳۵

جدول ۴: نتایج حاصل از الگوریتم NSGA-II

مسئله	تعداد منابع	تعداد مقاصد	شاخص NPS	شاخص SM	شاخص DM	شاخص CPU time
۱	۲	۳	۹	۰/۲۳۱	۱/۴۲	۱۵
۲	۲	۳	۴	۰/۱۰۲	۱/۲۳	۱۴
۳	۳	۴	۱۲	۰/۰۰۲	۲/۰۵	۴۲
۴	۳	۴	۱۳	۰/۰۱۲	۱/۸۹	۳۶
۵	۴	۵	۹	۰/۰۲۵	۱/۹۳	۵۶
۶	۴	۵	۷	۰/۳۴	۲/۴۲	۵۸
۷	۵	۱۰	۹	۰/۵۲۱	۱/۳۶	۸۴
۸	۵	۱۰	۸	۰/۳۴۳	۱/۷۴	۷۵
۹	۶	۲۰	۶	۰/۲۱۲	۱/۸۵	۱۸۶
۱۰	۶	۲۰	۷	۰/۱۲۴	۰/۹۹	۱۸۹

جدول ۵: مقایسه نتایج الگوریتم های MOPSO و NSGA-II

	NPS	SM	DM	time CPU
MOPSO	۷/۶	۰/۳۸۶	۱/۰۶	۵۸/۱
NSGA-II	۸/۴	۰/۱۹	۱/۶۸	۷۵/۶

۵- نتیجه گیری

در این مقاله به مسئله برنامه ریزی یکپارچه تولید/توزیع محصولات در یک زنجیره تامین پرداخته شد. یک مدل دو هدفه با چند محصول و چند دوره زمانی ارائه شده است به طوری که هم اهداف کیفی (بهینه سازی زمان ارسال کالاها و محصولات به مشتریان) و هم اهداف کمی (بهینه سازی هزینه های زنجیره تامین شامل خرید و تامین مواد اولیه، هزینه های نگهداری و کمبود

موجودی، هزینه های تولید داخلی و توسط پیمانکار خارجی) را در نظر می گیرد. از آنجاییکه مدل زیر مجموعه ای از مسایل مکان یابی با محدودیت ظرفیت است برای حل آن نمی توان از روش های دقیق استفاده کرد بنابراین برای حل مدل از روش بهینه سازی ژنتیک چند هدفه مرتب سازی نامغلوب استفاده شده است که در زمانی و با اختلافی کم نسبت به روش دقیق جواب های نامغلوب تولید می کند. برای کدگذاری جواب های مسأله از روش کدینگ درخت اولویت دار استفاده شده است که نسبت به روش گراف در کدینگ طراحی شبکه دارای حجم حافظه کمتر و در نتیجه سرعت بیشتر است. برای اعتبار سنجی مدل، با معرفی شاخص های ویژه مسائل چند هدفه آن با الگوریتم MOPSO مقایسه است. نتایج به دست آمده نشان داد که NSGA-II در سه شاخص تعداد جواب های نامغلوب، شاخص تنوع و شاخص فاصله بهتر از MOPSO عمل می کند و تنها در شاخص زمان حل مسأله بدتر عمل می کند.

مراجع

- [1] Beamon, B.M., "Supply chain design and analysis: models and methods", *International Journal of Production Economics*, Vol. 55, pp.281-294, 1998.
- [2] Gupta, A., and Maranas, C.D., "Managing demand uncertainty in supply chain planning", *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 27, pp. 1219-1227, 2003.
- [3] Erengüç, S.S., Simpson, N.C., and Vakharia, A.J., "Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review", *European Journal of Operational Research*, Vol. 115, pp. 219-236, 1999.
- [4] Sarmiento, A.M., and Nagi, R., "A review of integrated analysis of production-distribution systems", *IIE Transactions*, Vol. 31, pp. 1061-1074, 1999.
- [5] Bilgen, B., and Ozkarahan, I., "Strategic, tactical and operational production distribution models: A review", *International Journal of Technology Management*, Vol. 28, pp. 151-171, 2004.
- [6] Arshinder Kanda, A., and Deshmukh, S.G., "Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies, and research directions", *International Journal of Production Economics*, Vol. 115, pp. 316-335, 2008.
- [7] Peidro, D., Mula, J., Poler, R., and Verdegay, J.L., "Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand, and process uncertainties", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 160, pp. 2640-2657, 2009.
- [8] Mula, J., Peidro, D., and Poler, R., "The effectiveness of a fuzzy mathematical programming approach for supply chain production planning with fuzzy demand", *International journal of production Economics*, Vol. 128, pp. 136-143, 2010.
- [9] Chandra, P., and Fisher, M.L., "Coordination of production and distribution planning", *European Journal of Operational Research*, Vol. 72, pp. 503-517, 1994.
- [10] Sabri, E.H., and Beamon, B.N., "A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design", *Omega*, Vol. 28, pp. 581-598, 2000.
- [11] Chan, F.T.S., Chung, S.H., and Wadhwa, S., "A hybrid genetic algorithm for production and distribution", *Omega*, Vol. 33, pp. 345-355, 2005.
- [12] Jayaraman, V., and Pirkul, H., "Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities", *European Journal of Operational Research*, Vol. 133, pp. 394-408, 2001.
- [13] Dasci, A., and Verter, V., "A continuous model for production-distribution system design", *European Journal of Operational Research*, Vol. 129, pp. 287-298, 2001.
- [14] Nozick, L.K., "The fixed charge facility location problem with coverage restrictions", *Transportation research Part E*, Vol. 37, pp. 281-296, 2001.
- [15] Aliev, R.A., Fazlollahi, B., Guirimov, B.G., and Aliev, R.R. "Fuzzy-genetic aggregate production-distribution planning in supply chain approach to management", *Information Sciences*, Vol. 177, pp. 4241-4255, 2007.
- [16] Wang, J., and Shu, Y.F., "A possibilistic decision model for new product supply chain design", *European Journal of Operational Research*, Vol. 177, pp. 1044-1061, 2007.
- [17] Syarif, N., Yun, Y., and Gen, M., "Study on multi-stage logistic chain network: a spanning tree based genetic algorithm approach", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 43, pp. 299-314, 2002.



- [18] Zhou, G., Min, H., and Gen, M., "The balanced allocation of customers to multiple distribution centers in the supply chain network: a genetic algorithm approach", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 43, pp. 251-261, 2002.
- [19] Syam, S.S., "A model and methodologies for the location problem with logistical components", *Computers & Operations Research*, Vol. 29, pp. 1173-1193, 2002.
- [20] Mokashi, S.D., and Kokossis, A.C., "Application of dispersion algorithms to supply chain optimization", *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 27, pp. 927-949, 2003.
- [21] Jayaraman, V., and Ross, A., "A simulated annealing methodology to distribution network design and management", *European Journal of Operational Research*, Vol. 144, pp. 629-645, 2003.
- [22] Davis, P.S. and Ray, T.L. "A branch-and-bound algorithm for the capacitated facilities location problem", *Naval Research Logistics*, Vol. 16, pp. 331-344, 1969.
- [23] Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., and Meyarivan, T., "A fast elitist multi objective genetic algorithm: NSGA-II", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 6, pp. 182-197, 2002.
- [24] Gen, M., Altiparmak, F. and Lin, L., "A genetic algorithm for two-stage transportation problem using priority-based encoding", *OR Spectrum*, Vol. 28, pp. 337-354, 2006.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله