

Optimizing Sustainable Pharmaceutical Distribution Network Model with Evolutionary Multi-objective Algorithms (Case Study: Darupakhsh Company)

(Document Type: Research Paper)

Nassibeh Janatyan

Ph.D. student, Department of Industrial Management, Management and Accounting Faculty, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran, n.janatyan@yahoo.com

Mostafa Zandieh*

Associate Professor, Department of Industrial Management, Management and Accounting Faculty, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran, m_zandieh@sbu.ac.ir

Akbar Alem Tabriz

Professor, Department of Industrial Management, Management and Accounting Faculty, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran, a-tabriz@sbu.ac.ir

Masood Rabieh

Assistant professor, Department of Industrial Management, Management and Accounting Faculty, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran, masood.rabieh@gmail.com

Abstract: Pharmaceutical Industry in Iran has difficulties such as inappropriate distribution, expired drugs and late drug delivery to patients. To overcome these issues and reach a sustainable development, the environmental and social aspects must be considered beside the economic aspects. In this paper, we address the Pharmaceutical distribution network and design a novel model that helps the distributing companies to decide strategic (determining the main and local distribution centers) and tactical decision (determining the flow) according to the three aspects of sustainability. The solution through the evolutionary algorithms presents the best selection of local distribution centers and the optimum amount of flow of medicine through the network with respect to three aspects of sustainability.

Keywords: Pharmaceutical Distribution Network, Sustainability, Multi-Objective Model, Evolutionary Algorithms, Taguchi Design

Introduction: In order to compete in the universal market, pharmaceutical companies must amend their competency. This coemption market needs to select the certain level of commitment for sustainability aspects to reach the sustainable supply chains. For this purpose, this study considers three aspects of sustainability (i.e. economical, environmental, and social pillars) to design the pharmaceutical distribution network. So, the model has three objective functions. The first function is to minimize the cost of transportation through the network, the second is to minimize the CO₂ emissions through the network and the third is to maximize the job creation through the network.

Carter and Rogers (2008) used the concept of ‘true sustainability’. They suggested that the consideration of environmental and social issues should be “coupled with economic objectives” and assist the company’s strategic long-term planning. Mota et al. (2014) considered this research question: “How can sustainability be integrated in to supply chains’ design and planning decisions?” Several methods and frameworks have been proposed to evaluate environmental effects.

* Corresponding author

Copyright © 2019, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

Materials and Methods: This model is a multi-objective mixed integer linear programming (MILP) and is NP-hard. We have used the evolutionary algorithms (NSGA-II, MOPSO) to solve the problem and achieve the Pareto frontier. The Taguchi design experimental design has been used in order to tune the parameters of the algorithm. For comparing two evolutionary algorithms' performance indicators of spacing (S), mean ideal distance (MID), Time and number of solutions (NOS) have been calculated.

Results and Discussion: As a real case study, the proposed model is used in Darupakhsh. This company is one of the biggest pharmaceutical companies in Iran. The model has been customized with Darupakhsh's features for selected medicine. This company has a main distribution center and twenty local distribution centers. Twenty important customers have been assumed in this research. Solving the model with the evolutionary algorithms of NSGA-II and MOPSO and comparing to traditional method of weighted sum, highlighted the superior of MOPSO in economical and environmental aspects. The weighted sum method had a better answer in the social aspect. Overall, the power of evolutionary algorithms have been proved because of the Pareto frontier present to the researcher.

Conclusion: This research focused on designing the sustainable pharmaceutical distribution network. The proposed model is a multi-objective mixed integer linear programming (MILP). This model was tested in Darupakhsh Company. In this case, MOPSO had better performance than NSGA-II. The solution presents the best selection of local distribution centers and the optimum amount of flow of medicine through the network with respect to three aspects of sustainability. For further research, studying the uncertain parameters in this model and a suitable approach to deal with uncertainty could be proposed.

References

- Ahmadi, A., Mousazadeh, M., Torabi, S. A., & Pishvae, M. S. (2018). "OR Applications in Pharmaceutical Supply Chain Management". *International Series in Operations Research & Management Science*. 262,461–491.
- Mota, B., Gomes, K., Carvalho, A., & Barbosa-Povoa, A. (2014). "Towards supply chain sustainability: economic, environmental and social design and planning". *Journal of Cleaner Production*, 107, 14–27.
- Mousazadeh, M., Torabi, S.A., & Zehiri, B. (2015). "A robust Possibilistic Programming approach for pharmaceutical supply chain network design", *Computers and Chemical Engineering*, 82, 115–128.

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۰، پیاپی ۱۸، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۸

دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۹

صص: ۱۳۳-۱۵۳ (نوع مقاله: پژوهشی)

ارائه مدل بهینه‌سازی شبکه توزیع پایدار دارو و استفاده از الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه برای حل آن (مورد مطالعه: شرکت توزیع داروپخش)

نسبیه جنتیان^۱، مصطفی زندیه^{۲*}، اکبر عالم تبریز^۳، مسعود ربیعه^۴

۱- دانشجوی دکتری گروه مدیریت صنایع، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران،

n.janatyran@yahoo.com

۲- دانشیار گروه مدیریت صنایع، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران، m_zandieh@sbu.ac.ir

۳- استاد گروه مدیریت صنایع، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران، a-tabriz@sbu.ac.ir

۴- استادیار گروه مدیریت صنایع، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران،

masood.rabieh@gmail.com

چکیده: صنعت داروسازی در ایران دچار مشکلاتی مانند توزیع و زمان‌بندی نامناسب دارو است که موجب به موقع نرسیدن دارو به بیماران و یا از طرف دیگر حجم عظیم داروهای تاریخ گذشته شده است. همچنین توجه به مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی در کنار مسائل اقتصادی رویکرد جدی برای رسیدن به توسعه پایدار است. در این مقاله برای توزیع دارو در سطح کشور با توجه به میزان تقاضا، توابع هدف اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در نظر گرفته شده است. هدف این پژوهش طراحی مدلی نوین برای شبکه توزیع دارو منطبق با شرایط کشور است. نوآوری این مقاله نسبت به سایر پژوهش‌های دیگر داشتن تابع هدف اجتماعی مدل است که انبارهای محلی در مناطق با درصد بیکاری بیشتر انتخاب می‌شوند و این امر موجب ایجاد اشتغال در مناطق محروم‌تر می‌شود. برای اعتبارسنجی، مدل پیشنهادی در شرکت داروپخش اجرا شده است. این مدل Np-hard است و برای به دست آوردن جبهه جواب از الگوریتم‌های تکاملی سه‌هدفه و سپس تنظیم پارامتر با روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی استفاده شده است. شرکت‌های توزیع‌کننده دارو با استفاده از این مدل قادر به تصمیم‌گیری‌های استراتژیک (تعیین مکان‌های توزیع اصلی و محلی دارو) و تاکتیکی (میزان جریان دارو در شبکه) با کمترین هزینه و زمان، ایجاد اشتغال در مناطق محروم‌تر و کاهش ایجاد گازهای خطرناک می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: شبکه توزیع دارو، پایداری، مدل برنامه‌ریزی چندهدفه، الگوریتم‌های تکاملی، طراحی آزمایش‌های تاگوچی، کارایی الگوریتم

مقدمه

صنعت دارو یکی از مهم‌ترین صنایع موجود در دنیا شناخته شده است. توجه به این صنعت موجب ارتقای سلامت جامعه و افزایش قدرت رقابتی بین سایر جوامع شده است. در سال ۲۰۱۶ صنعت دارو در بخش داروهای ژنریک بیشترین حاشیه سود را در میان سایر صنایع دنیا داشته و این سبب توجه سرمایه‌گذاران به این صنعت و رشد آن شده است. زنجیره تأمین دارو ارتباط بین تأمین‌کنندگان مواد اولیه تهیه دارو با تولیدکنندگان دارو و سپس مشتری نهایی (بیماران) آن برقرار می‌کند. چالش‌های که این شبکه با آن مواجه است شامل کاهش هزینه‌ها، تضمین تحویل به موقع و کاهش زمان حمل و نقل برای عکس‌العمل بهتر به محیط پیرامون است. افزایش هزینه‌های زیست‌محیطی در شبکه‌های زنجیره تأمین، رشد فشار مصرف‌کنندگان برای ارائه کالاهایی که از نظر زیست‌محیطی استاندارد باشند، آگاهی جامعه بیرونی و کارکنان شرکت از مسائل اجتماعی مرتبط با سازمان‌ها، ایجاد گروه‌هایی در حمایت از جامعه و افزایش مسئولیت اجتماعی سازمان‌ها موجب شده است که بسیاری از سازمان‌ها به سمت پایداری^۱ در زنجیره تأمین حرکت کنند و معیارهای جدیدی را در فرایند تولید و عملیات خود مدنظر قرار دهند. این معیارها علاوه بر الزامات سودآوری شرکت مسائل اجتماعی و زیست‌محیطی را نیز مدنظر قرار می‌دهند (جعفرنژاد و محمودی، ۱۳۹۳).

اگر دارو در شبکه‌های زنجیره تأمین کالای استراتژیک باشد و به صورت منطقی و سیستماتیک تهیه و توزیع شود، نقش مهمی در پیشبرد اهداف سیستم سلامت ایفا می‌کند. توزیع‌کنندگان دسترسی بیماران به تمام داروها را تسهیل می‌کنند. پراکندگی و تعداد زیاد داروخانه‌ها، شرکت‌های توزیع‌کننده را وادار به سازماندهی بسیار دقیق روابط خود با مشتریان می‌کند (محلای، ۱۳۹۴). در کشور ایران به گفته مسئولان، توزیع دارو با مشکلات زیادی روبه‌رو است. این مشکلات موجب کمبود دارو و یا انبوه داروهای تاریخ گذشته، شده است و گاهی مردم را برای دسترسی به نیازهای دارویی‌شان با چالش‌های متعددی مواجه کرده است (حاج‌آخوندی، ۱۳۹۳). با بررسی مشکلات مطرح شده در شبکه توزیع دارو می‌توان این مسائل را توزیع نامناسب مقدار دارو به مراکز تقاضا، زمان‌بندی نامناسب توزیع دارو، استفاده نکردن از شیوه‌های نوین مدیریت در شبکه‌های توزیع دارو و نبود مطالعات جامع در زمینه برنامه‌ریزی شبکه توزیع در شرکت‌های توزیع‌کننده دارو دانست.

باتوجه به اهمیت مطالعه شبکه توزیع دارو در سال‌های اخیر، توجه به مسائل مربوط به پایداری از جنبه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی آن، پژوهش حاضر سعی در شناسایی و طراحی مدل شبکه توزیع دارو دارد. این مقاله با پژوهش بر شبکه توزیع دارو، شرکت‌های توزیع‌کننده دارو را برای تصمیم‌گیری در موارد استراتژیک (مانند مکان‌های توزیع اصلی و محلی دارو) و تصمیمات تاکتیکی (که مربوط به برنامه‌ریزی میان‌مدت مثل بهینه‌کردن جریان مواد عبوری در شبکه زنجیره تأمین) و در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی برای رسیدن به پایداری یاری می‌کند. همچنین این مقاله با ارائه الگوی بهینه شبکه توزیع دارو با هدف نهایی تسهیل دسترسی بیماران به دارو، موجب تقویت و رشد سلامت جامعه می‌شود. در ادامه برای آشنایی مختصر با زمینه بحث، مبانی نظری و پیشینه پژوهش‌های مهم در حیطه شبکه توزیع دارو مطرح می‌شود.

زنجیره تأمین دارو متشکل از سه بخش اصلی تولید، توزیع و فروش دارو است. تولید دارو شامل تعدادی مراحل اصلی مانند پژوهش و توسعه اولیه، کسب موافقت قانونی (باهداف کسب اجازه برای فروش دارو در بازار) و همچنین تجاری‌سازی دارو است. نحوه انجام این مراحل در بین کشورهای مختلف و برای داروهای مختلف، متفاوت است. توزیع دارو شامل انتقال دارو از تولیدکنندگان یا واردکنندگان دارو به خرده‌فروشان زنجیره است. خرده‌فروشان در زنجیره تأمین دارو شامل داروخانه‌ها، بیمارستان‌ها و در برخی کشورها پزشکان‌اند. پیچیدگی این مرحله از زنجیره به عوامل مختلفی همچون مکان جغرافیایی تولیدکنندگان، واردکنندگان و مشتریان نهایی بستگی دارد؛ برای مثال فراهم کردن دسترسی به داروها در مناطق دورافتاده پیچیده‌تر از مناطق شهری است. فروش دارو به مشتری نهایی شامل رساندن داروی با کیفیت در زمان و مکان مناسب، مرحله نهایی در زنجیره ارزش دارو است (احمدی و همکاران^۲، ۲۰۱۸).

پایداری، توانایی یک سازمان برای رفع نیازهای فعلی بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای رفع نیازهای خود است. پایداری سعی می‌کند تا بین سه جنبه مهم مزایای اقتصادی، حمایت از محیط‌زیست و مسئولیت اجتماعی تعادل ایجاد کند.

اولویت‌بندی بین سه جنبه برای هر سازمان متناسب با نوع فعالیت و سایر عوامل، متفاوت است. در سازمان‌های انتفاعی که هدف اصلی آن کسب سود است باید جنبه‌های اقتصادی را مهم‌ترین عامل دانست. توزیع پایدار، فرایند حمل و نقل کالا و خدمات بین فروشندگان و خریداران است که حداقل اثرات سوء را بر محیط‌زیست و محیط اجتماعی داشته باشد. فرایند توزیع شامل فعالیت‌هایی مثل ذخیره‌سازی، فرایند سفارش، بارگیری، تحویل به مشتری و برگشت کالا است. در توزیع پایدار علاوه بر رعایت موارد اقتصادی توزیع کالا یا خدمت باید به سایر ابعاد پایداری نیز توجه شود (جعفرنژاد و محمودی، ۱۳۹۳).

مطالعات پیشین در حوزه زنجیره تأمین دارو به دو دسته تقسیم می‌شود. دسته نخست، پژوهش‌هایی که جنبه‌های مدیریتی و کیفی سیستم‌های زنجیره تأمین را مطالعه و دسته دوم مطالعاتی است که مدل‌های کمی در زنجیره تأمین سلامت و کنترل موجودی را در این صنعت ارائه می‌کنند. در ادامه مهم‌ترین مطالعات در دسته دوم تشریح می‌شود. عمادی (۱۳۹۳) فاکتورهای مؤثر بر یکپارچه‌سازی زنجیره تأمین در صنعت داروسازی را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی شناسایی و اولویت‌بندی کرده است. این پژوهش با استفاده از روش آمارسنجی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی این فاکتورها (شامل جریان اطلاعات، عوامل سازمانی، تعهد مدیریتی، فناوری اطلاعات، اعتماد میان اعضا، ارتباطات و تصمیم‌گیری، درک متقابل و قوانین نظارتی) را در راستای رسیدن به هدف مشترک و تعریف‌شده معرفی کرده است. در این پژوهش بهترین تأمین‌کنندگان سبز شرکت داروپخش با استفاده از مدل پژوهشی و بومی‌سازی آن از طریق شش تن از خبرگان این شرکت انتخاب شده‌اند. برای این منظور معیارهای مؤثر در انتخاب تأمین‌کنندگان سبز شناسایی و با رویکرد تصمیم‌گیری شبکه‌ای فازی درجه اهمیت آنها مشخص شده است. در نهایت تأمین‌کنندگان این شرکت با توجه به این معیارها، از طریق روش خاکستری رتبه‌بندی شده‌اند. کیم^۳ (۲۰۰۵) توضیحی درباره سیستم یکپارچه زنجیره تأمین ارائه داده است تا به خصوص موارد مربوط به صنعت دارو را به عنوان زیرمجموعه از بخش سلامت خاطرنشان کند. بسیاری از صنایع اهمیت نقش اشتراک اطلاعات را در زنجیره تأمین دریافته‌اند.

لويس و جی‌پایاگریگور^۴ (۲۰۰۴) برنامه‌ریزی ریاضی سیستماتیکی برای افق طولانی مدت و ظرفیت متغیر در شرایط عدم قطعیت در صنعت دارویی انگلستان ارائه داده‌اند. این مدل به صورت برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط است و یک الگوریتم ابتکاری برای رسیدن به جواب بهینه پیشنهاد شده است. معصومی و همکاران^۵ (۲۰۱۲) مدلی کلی برای شبکه زنجیره تأمین انحصاری محصولات دارویی ارائه کرده‌اند. در این مدل باتوجه به ماهیت فاسدشدنی محصولات دارویی ضریب فاسدشدن برای هر مرحله در نظر گرفته شده است. این مدل از مدل رقابت کورنو، انحصار دوگانه فروش کورنو استفاده کرده است. این مدل، مدلی اقتصادی است که اصول قیمت گذاری در حالت انحصار دوگانه فروش و وجود تنها دو فروشنده در بازار را تحلیل کرده است. حسنی و همکاران^۶ (۲۰۱۴) مدل استوار حلقه بسته شبکه زنجیره تأمین جهانی را در شرایط عدم قطعیت در صنعت وسایل پزشکی طراحی کرده‌اند. به این منظور مدل بهینه سازی در این پژوهش پیشنهاد شده است که هدف آن بیشینه کردن سود بعد از مالیات برای حلقه بسته زنجیره تأمین جهانی و در نظر گرفتن عدم قطعیت بودجه و محدودیت های تجارت بین المللی و داخلی شامل محدودیت های قیمت گذاری، نرخ مالیات و تعرفه واردات در مدل است. در این پژوهش از یک الگوریتم ابتکاری پیشنهادی و همچنین الگوریتم ژنتیک برای جستجوی محلی فراابتکاری استفاده شده است.

موسی زاده و همکاران^۷ (۲۰۱۵) مدل برنامه‌ریزی احتمالی استوار را برای طراحی شبکه زنجیره تأمین دارو ارائه داده‌اند. در این مقاله مدل برنامه‌ریزی خطی دوهدفه عدد صحیح برای طراحی شبکه زنجیره تأمین دارو پیشنهاد شده است. این مدل تصمیم‌گیری استراتژیک (مثل گشایش مراکز تولید و یا مراکز توزیع همراه با تصمیم‌گیری تاکتیکی مانند جریان مواد بهینه برای برنامه‌ریزی میان مدت با دو هدف کاهش هزینه های کلی و کاهش تقاضای برآورده نشده) را شامل می‌شود. طالعی زاده و نوری- دریان^۸ (۲۰۱۵) در پژوهشی مدل کمی را در سه سطح زنجیره تأمین دارو پیشنهاد کردند. در این پژوهش تأمین کنندگان غیررقابتی و یک تولیدکننده و خرده فروشان غیررقابتی برای محصولات چندگانه حضور دارند. در این زنجیره بازی کارگزار-کارفرما در میان اعضای زنجیره به راه می افتد. در این مدل، هدف بهینه کردن سود از طریق بهینه کردن قیمت، سطح موجودی و سیاست های تولید است. احمدی و همکاران (۲۰۱۸) کاربرد پژوهش در عملیات را در زنجیره تأمین دارو مطالعه کرده‌اند. آنها زنجیره تأمین دارو و اجزای مدل را تعریف کرده‌اند، سپس مباحث مربوط به برنامه‌ریزی ظرفیت و انواع تصمیم‌گیری های مطرح در این زنجیره را به صورت کیفی بیان داشته‌اند.

به طور کلی تعداد پژوهش های اندکی زنجیره تأمین دارو را در ایران بررسی کرده است و به طور خاص در زمینه توزیع دارو مطالعات علمی برای برنامه‌ریزی در این حوزه باتوجه به شرایط کشور در این صنعت دیده نمی‌شود. این پژوهش تلاش می‌کند باتوجه به مشکلات موجود در زمینه توزیع دارو در کشور، توجه به مسئله جهانی کاهش گازهای آلاینده و خطرناک، همچنین مشکل بیکاری در کشور مدلی برای توزیع دارو ارائه کند تا این اهداف را برآورده کند. درآمد مدل پیشنهادی شبکه توزیع دارو معرفی و به دنبال آن مدل به صورت واقعی برای محصولی در شرکت توزیع داروپخش آزمایش می‌شود. بخش های دیگر پژوهش شامل حل مدل، روش های حل مدل و تحلیل نتایج است. در پایان نتیجه گیری و پیشنهاد برای پژوهش های بیشتر ارائه می‌شود.

روش پژوهش

مدل شبکه توزیع پایدار دارو

هدف از انجام این پژوهش ارائه مدل شبکه توزیع دارو، تعیین مکان‌های توزیع‌کنندگان اصلی و محلی و میزان جریان مواد به هر قسمت باتوجه به مسئله پایداری در طراحی است. در این پژوهش برای مدل‌سازی شبکه توزیع دارو به صورت پایدار، سه تابع هدف حداقل کردن هزینه‌ها، حداقل کردن اثرات مخرب زیست‌محیطی و حداکثر کردن اثرات مفید اجتماعی شناسایی می‌شود. جامعه بررسی شده در این پژوهش، بخش‌های توزیع‌کننده دارو و مرتبط با نقل و انتقال داروها در کشور ایران و شرکت‌های توزیع دارو هستند. توزیع دارو دارای دو فعالیت اصلی انبارش و حمل و نقل دارو از مکانی به مکان دیگر است. پیچیدگی این مرحله از زنجیره به عوامل مختلفی مانند مکان جغرافیایی تولیدکنندگان، واردکنندگان و مشتریان نهایی بستگی دارد؛ برای مثال فراهم کردن دسترسی به داروها در مناطق دورافتاده پیچیده‌تر از مناطق شهری است.

یکی از مسائلی که به خصوص در بخش حمل و نقل و توزیع دارو مطرح می‌شود، اثرات سوء زیست‌محیطی هریک از اشکال حمل و نقل است. اثرات کلی حمل و نقل بر محیط‌زیست شامل اثر بر منابع طبیعی، اثر بر کیفیت هوای شهری، اثر بر محیط‌زیست شهری مانند آلودگی صوتی و آلودگی آب‌های زیرزمینی و اثر آن بر محیط‌زیست جهانی با ایجاد گازهای گلخانه‌ای است. امروزه برنامه‌های مدیریتی برای کنترل و کاهش آلودگی هوا و گازهای گلخانه‌ای، از مهم‌ترین مسائل در صنایع جهان محسوب می‌شوند (وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۹۶). جنبه‌های دیگر درخور توجه در شبکه توزیع دارو مسائل اجتماعی و اقتصادی در این شبکه است. در ساخت مدل این پژوهش به جنبه اجتماعی ایجاد اشتغال توجه شده است. در این مدل توجه به جنبه اقتصادی از طریق حداقل کردن هزینه‌ها لحاظ می‌شود. مفروضات مدل شبکه توزیع دارو به شرح زیر است.

۱. کمبود دارو در شبکه وجود ندارد؛
 ۲. بین مراکز توزیع اصلی مبادله دارو وجود ندارد؛
 ۳. بین مراکز توزیع محلی مبادله دارو وجود ندارد؛
 ۴. در این مدل محاسبه انتشار گاز دی اکسید کربن در سایر قسمت‌های شبکه توزیع در نظر گرفته نشده است؛
 ۵. تعداد نیروی انسانی در حمل و نقل دارو ثابت هستند.
- اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای استفاده شده در مدل در جدول‌های ۱ تا ۳ تعریف شده‌اند. مدل پیشنهادی شبکه توزیع دارو به صورت روابط (۱) تا (۱۰) فرموله می‌شود.

جدول ۱- اندیس‌های مدل

اندیس	توضیح
i	اندیس مکان‌های کاندیدا برای توزیع اصلی، $i \in \{1, 2, \dots, I\}$
j	اندیس مکان‌های کاندیدا برای توزیع محلی، $j \in \{1, 2, \dots, J\}$
k	اندیس مکان‌های کاندیدا برای منطقه مشتری، $k \in \{1, 2, \dots, K\}$

جدول ۲- پارامترهای استفاده شده در مدل

پارامتر	توضیح
a_{ij}	هزینه یک واحد حمل و نقل محصول از مرکز توزیع اصلی i به مرکز توزیع محلی j
e_{jk}	واحد هزینه حمل و نقل محصول از کارخانه تولیدی i به مرکز توزیع اصلی j
d_k	تقاضا در منطقه مشتری k
g_i	هزینه ثابت افتتاح مرکز تولید اصلی i
b_j	هزینه ثابت افتتاح مرکز تولید محلی j
SC_i	هزینه یک واحد انبار محصول در یک مرکز توزیع اصلی i
SC_j	هزینه یک واحد انبار محصول خانواده p در یک مرکز توزیع محلی j
δ_i	ظرفیت ذخیره یک مرکز توزیع اصلی i
γ_j	ظرفیت در دسترس برای یک مرکز توزیع محلی j
θ_i	ضریب منطقه (نسبت بیکاری) مرکز توزیع اصلی i
θ_j	ضریب منطقه (نسبت بیکاری) مرکز توزیع اصلی j
η_i	تعداد شغل های ایجاد شده مرکز توزیع اصلی i
η_j	تعداد شغل های ایجاد شده مرکز توزیع اصلی j
C_{ij}	ضریب انتشار گاز دی اکسید کربن برای جابه جایی محصول از مرکز توزیع اصلی i به مرکز توزیع محلی j
$\hat{C}_{jk}$	ضریب انتشار گاز دی اکسید کربن برای جابه جایی محصول از مرکز توزیع محلی j به مکان منطقه تقاضای k

جدول ۳- متغیرهای استفاده شده در مدل

متغیر	توضیح
I_i	سطح موجودی محصول در مرکز توزیع اصلی i
$\hat{I}_j$	سطح موجودی محصول در مرکز توزیع محلی j
o_{jk}	مقدار جابه جایی محصول خانواده p از مرکز توزیع محلی j به منطقه مشتری k
q_{ij}	مقدار جابه جایی محصول از مرکز توزیع اصلی i به مرکز توزیع محلی j
y_i	۱ اگر مرکز توزیع اصلی i افتتاح شده باشد و صفر در غیر این صورت
z_j	۱ اگر مرکز توزیع محلی j افتتاح شده باشد و صفر در غیر این صورت

$$\begin{aligned} \text{Min } w_1 = & \sum_i g_i y_i + \sum_j b_j z_j + \sum_{i,j} a_{ij} q_{ij} + \sum_{j,k} e_{jk} o_{jk} + \sum_i SC_i I_i \\ & + \sum_j SC_j \hat{I}_j \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Min } w_2 = \sum_{i,j} C_{ij} q_{ij} + \sum_{j,k} \hat{C}_{jk} o_{jk} \quad (2)$$

$$\text{Max } w_3 = \sum_i \theta_i \eta_i y_i + \sum_j \theta'_j \eta'_j z_j \quad (3)$$

Subject to:

$$\hat{I}_j = \sum_i q_{ij} - \sum_k o_{jk} \quad \forall j \quad (4)$$

$$I_i \leq \delta_i y_i \quad \forall i \quad (5)$$

$$\hat{I}_j \leq \gamma_j z_j \quad \forall j \quad (6)$$

$$\sum_j o_{jk} \geq d_k \forall k \quad (7)$$

$$\sum_j q_{ij} \leq \delta_i y_i, \forall i \quad (8)$$

$$y_i, z_j \in \{0,1\}, \forall i, j \quad (9)$$

$$q_{ij}, o_{jk}, I_i, I'_j, \geq 0, \quad \forall i, j, k \quad (10)$$

برای بهینه‌سازی شبکه توزیع دارو باتوجه به بعد اقتصادی در بحث پایداری و نظر کارشناسان، حداقل کردن هزینه‌ها در شبکه توزیع دارو در نظر گرفته می‌شود. هزینه‌های مدنظر شبکه توزیع دارو در این مدل، شامل هزینه‌های ثابت افتتاح مراکز توزیع اصلی، افتتاح مراکز توزیع محلی، هزینه‌های جابه‌جایی دارو از مراکز توزیع اصلی به مراکز توزیع محلی، هزینه‌های جابه‌جایی دارو از مراکز توزیع محلی به مناطق تقاضا، هزینه انبارش دارو در مرکز توزیع اصلی و هزینه انبارش دارو در مرکز توزیع محلی است. مدل ریاضی این تابع هدف با استفاده از اندیس‌های تعریف‌شده در این قسمت به صورت رابطه (۱) است. قسمت نخست و دوم این تابع هدف محاسبه مجموع هزینه افتتاح مراکز توزیع اصلی و محلی است. قسمت سوم محاسبه مجموع هزینه‌های حمل و نقل از مراکز توزیع اصلی به محلی، قسمت چهارم محاسبه مجموع هزینه‌های حمل و نقل از مراکز توزیع محلی به مناطق تقاضا، قسمت پنجم مجموع هزینه انبارش در مراکز توزیع اصلی و هزینه انبارش در مراکز توزیع محلی است.

تابع هدف دوم این مدل براساس بُعد زیست‌محیطی پایداری انتخاب شده است. این تابع هدف مقدار انتشار گاز خطرناک دی اکسید کربن را در طول شبکه توزیع دارو حداقل می‌کند. مدل ریاضی این تابع هدف با استفاده از اندیس‌های تعریف‌شده در بخش بالا به صورت رابطه (۲) است. قسمت نخست این تابع هدف مجموع انتشار گاز دی اکسید کربن در جابه‌جایی از مراکز توزیع اصلی به محلی و قسمت دوم مجموع انتشار گاز دی اکسید کربن از مراکز توزیع محلی به منطقه تقاضا را نشان می‌دهد. در این مدل محاسبه انتشار دی اکسید کربن از سایر قسمت‌های شبکه توزیع مثل مراکز توزیع در نظر گرفته نشده است.

سازمان پیشگام گزارش جهانی^۹ (۲۰۱۳) بعد اجتماعی پایداری را با اثراتی توصیف می‌کند که سازمان بر سیستم‌های اجتماعی در حین انجام کار می‌گذارد. برخلاف اهمیت بعد اجتماعی پایداری، به دلیل سختی اندازه‌گیری این اثرات، پژوهش‌های اندکی در این زمینه وجود دارد (ژاو و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۲). راهنمای سازمان پیشگام گزارش جهانی پایدار به ارگان‌ها کمک می‌کند تا عملکرد خود را باتوجه به سه بعد پایداری اندازه‌گیری کند. این راهنما جنبه اجتماعی را به چهار طبقه فعالیت نیروی کار و کار شایسته، حقوق انسان‌ها، جامعه و مسئولیت محصول تقسیم می‌کند. در هر کدام از طبقه‌ها زیرمعیارهای متعددی ذکر شده است؛ برای مثال اشتغال زیرمجموعه بخش فعالیت کارکنان و کار شایسته، حقوق انسانی تأمین‌کنندگان زیرمجموعه حقوق انسان‌ها می‌شود. اتحادیه‌های محلی جزء بخش جامعه و سلامت، و امنیت مشتری زیرمجموعه مسئولیت محصول طبقه‌بندی می‌شوند (جورگنسون و همکاران^{۱۱}، ۲۰۰۸).

در پژوهش موتا و همکاران^{۱۲} (۲۰۱۴) از معیار ایجاد اشتغال استفاده شده است که با دو بخش فعالیت نیروی کار و جامعه مرتبط است. عدم ایجاد اشتغال اثرات منفی بر جامعه می‌گذارد. در این مدل به دلیل لزوم ایجاد اشتغال، در سیاست‌های کلان کشور سال ۱۳۹۶ با نام اقتصاد مقاومتی (تولید - اشتغال)، این معیار برای هدف اجتماعی در شبکه توزیع پایدار دارو استفاده می‌شود. مدل ریاضی این تابع هدف با استفاده از اندیس‌های تعریف شده در این بخش به صورت رابطه (۳) است. این تابع هدف تعداد نیروی مشغول به کار را در شبکه توزیع دارو باتوجه به اهمیت ایجاد شغل در منطقه مدنظر حداکثر می‌کند. در قسمت نخست θ_i و η_i عوامل تأثیرگذار بر انتخاب مکان توزیع اصلی اند. θ_i نسبت بیکاری است که ضریب منطقه مرکز توزیع اصلی است؛ یعنی منطقه‌ای که دارای نسبت بیکاری بیشتری است، شانس افتتاح مرکز توزیع اصلی بیشتری دارد. η_i نیز تعداد افراد مشغول به کار در مرکز توزیع اصلی در صورت افتتاح است که هرچه بیشتر باشد امکان انتخاب مرکز اصلی بیشتر می‌شود. برای قسمت دوم این تابع هدف همین استدلال برقرار است. در این تابع هدف، تعداد نیروی انسانی در جابه‌جایی دارو از مراکز اصلی به مراکز محلی و مراکز محلی به مناطق تقاضا در نظر گرفته نشده است.

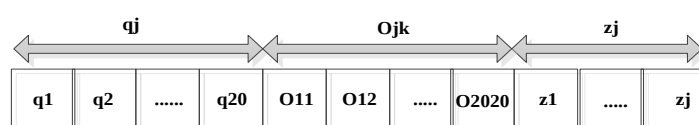
محدودیت‌های این مدل با رابطه‌های (۴) تا (۱۰) نشان داده شده است. رابطه (۴) نشان‌دهنده محدودیت بالانس جریان هر خانواده محصول در هر مرکز توزیع محلی در هر دوره است. سطح موجودی برای هر خانواده محصول در هر مرکز توزیع محلی برابر است با میزان انتقال محصول به مرکز توزیع محلی مدنظر منهای مقدار محصولی که از این مرکز توزیع محلی به مناطق تقاضا فرستاده می‌شود. رابطه‌های (۵) و (۶) نشان‌دهنده محدودیت ظرفیت برای مراکز توزیع اصلی و محلی هستند. رابطه (۷) مطمئن می‌سازد که جریان هر خانواده محصول به مشتریان، حتما تقاضای آنان را برآورده می‌کند. رابطه (۸) محدودیتی است که نشان می‌دهد هر مرکز توزیع اصلی باید مجموع جریان خروجی‌اش از ظرفیت آن مرکز کوچک‌تر یا مساوی باشد. در نهایت رابطه‌های (۹) و (۱۰) نوع متغیر تصمیم را نشان می‌دهند.

حل مدل شبکه توزیع دارو

برای حل مدل سه‌هدفه پژوهش در مقیاس کوچک از روش میانگین وزنی و از دستور Intlinprog در MatlabR2015a استفاده می‌شود. در مقیاس بزرگ، به دلیل ماهیت Np-hard مسئله، از الگوریتم‌های تکاملی استفاده می‌شود که به جای یک جواب تعدادی جواب رضایت‌بخش (جبهه جواب) ارائه می‌دهند؛ یعنی باتوجه به متناقض بودن اهداف، چند گزینه بهینه در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌گیرد و آنان باتوجه به موقعیت، یکی از جواب‌ها را به عنوان جواب نهایی انتخاب می‌کنند. در اینجا از روش‌های NSGA-II و MOPSO استفاده می‌شود. این الگوریتم‌ها، الگوریتم‌های شناخته شده و مناسبی در حل مسائل چندهدفه هستند. مزیت این روش‌ها توانمندی بالای آنها در حل مدل در مقیاس بزرگ و ایجاد جواب‌هایی بهتر نسبت به سایر روش‌های حل دقیق و ابتکاری است.

حل مدل با الگوریتم NSGA-II

مرحله نخست (تولید جمعیت اولیه): برای تولید جمعیت اولیه، ابتدا به صورت تصادفی برداری با درایه‌های بین صفر و یک به‌ازای میزان جریان انتقالی دارو از مرکز توزیع اصلی به محلی و ماتریسی با درایه‌های بین صفر و یک از مرکز توزیع محلی به مشتری تولید می‌شود. به‌ازای متغیر عدد صحیح فعال بودن یا نبودن مرکز توزیع محلی نیز برداری با درایه‌های صفر و یک به تصادف و به‌دنبال آن جمعیت اولیه تولید می‌شود. نمایش بردار جواب به‌صورت شکل ۱ در الگوریتم IINSGA است که در آن اطلاعات مربوط به میزان انتقال دارو از انبار اصلی به انبارهای محلی، میزان انتقال دارو از انبارهای محلی به مشتریان O_{jk} و تعداد انبارهای محلی فعال Z_j به دست می‌آید.



شکل ۱- نمایش بردار جواب در الگوریتم NSGA-II

مرحله دوم (ارزیابی جمعیت تولیدشده): جمعیت تولیدشده اولیه با استفاده از توابع هدف تعریف‌شده در الگوریتم ارزیابی می‌شوند.

مرحله سوم (اعمال روش مرتب‌سازی نامغلوب): اعضای جمعیت براساس مقدار ارزیابی شده در دسته‌هایی طبقه‌بندی می‌شوند؛ به‌صورتی که اعضای موجود در دسته نخست مجموعه‌ای کاملاً غیرمغلوب با اعضای دیگر جمعیت فعلی هستند و به همین ترتیب همه اعضای جمعیت دسته‌بندی یا جبهه‌بندی می‌شوند.

مرحله چهارم (محاسبه شاخص فاصله ازدحامی): شاخص فاصله ازدحامی برای هر عضو در هر جبهه محاسبه می‌شود. هرچه این شاخص بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده گستردگی بیشتر فضای جواب است.

مرحله پنجم (انتخاب جمعیت والدین برای تولید مثل): در ابتدا دو عضو جمعیت به‌طور تصادفی انتخاب می‌شوند. اگر دو عضو در دو جبهه قرار دارند، عضوی انتخاب می‌شود که رتبه بهتری دارد و اگر از یک دسته بودند، عضوی انتخاب می‌شود که فاصله ازدحامی بیشتری دارد.

مرحله ششم (انجام جهش و تقاطع): در این الگوریتم برای انتخاب از روش چرخ رولت^{۱۳} استفاده می‌شود. برای انجام تقاطع در این الگوریتم، تقاطع محاسباتی^{۱۴} به کار می‌رود. در این نوع تقاطع از دو والد x_1, x_2 فرزندان y_1, y_2 حاصل می‌شوند. برای جهش از روش جهش گوسی استفاده می‌شود. اگر X یک والد باشد نسل جهش‌یافته $\bar{X}$ به‌صورت محاسبه می‌شود (دب و همکاران^{۱۵}، ۲۰۰۰).

حل مدل با الگوریتم MOPSO

در این الگوریتم برای نمایش جواب به‌جای کروموزم، از ذره استفاده می‌شود. هر ذره دارای موقعیت و سرعت است که موقعیت جدید آن از رابطه (۱۱) و سرعت جدید از رابطه (۱۲) به دست می‌آید. موقعیت فعلی ذره با $x_i(t)$ سرعت فعلی ذره با $v_i(t)$ ، بهترین خاطره شخصی با $p_i(t)$ و بهترین جواب با $g(t)$ نشان داده شده است. اعداد ثابت و (c_1, c_2) بردارهای تصادفی بین صفر و یک هستند.

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1) \quad (11)$$

$$v_i(t+1) = wv_i(t) + c_1 r_1 (p_i(t) - x_i(t)) + c_2 r_2 (g(t) - x_i(t)) \quad (12)$$

مرحله نخست: (تولید جمعیت اولیه) شکل گیری جمعیت ذرات اولیه مانند الگوریتم NSGA-II؛

مرحله دوم: جدا کردن اعضای نامغلوب و ذخیره کردن آن در آرشیو.

مرحله سوم: جدول بندی فضای هدف کشف شده.

مرحله چهارم: انتخاب رهبر برای هر ذره از میان اعضای آرشیو.

در این مرحله با استفاده از رابطه (۱۳) و چرخ رولت، هر ذره یک رهبر انتخاب می کند و به حرکت خود ادامه می دهد. β پارامتر فشار انتخاب است.

$$p_i = \frac{(1/n)^\beta}{(\sum_j 1/n_j)^\beta} \quad (13)$$

مرحله پنجم: به روز رسانی بهترین خاطره شخصی هر کدام از ذرات.

برای مقایسه موقعیت جدید و بهترین خاطره شخصی به صورت رابطه (۱۴) عمل می شود. در این رابطه، $p(t)$ بهترین خاطره ذره، $x(t+1)$ موقعیت جدید و $p(t+1)$ خاطره به روز شده، است. dom نشانه غلبه کردن در رابطه (۱۴) است.

$$p(t+1) = \begin{cases} p(t) & p(t) \text{ dom } x(t+1) \\ x(t+1) & x(t+1) \text{ dom } p(t) \\ p(t) \text{ or } x(t+1) & o.w \end{cases} \quad (14)$$

مرحله ششم و هفتم: اضافه کردن اعضای نامغلوب جمعیت فعلی به آرشیو و سپس حذف اعضای مغلوب آرشیو.

مرحله هشتم: حذف اعضای بیش از ظرفیت آرشیو.

در این مرحله نیز با استفاده از رابطه و چرخ رولت یکی از اعضای آرشیو انتخاب و حذف می شود و تا جایی ادامه می یابد که اندازه آرشیو به اندازه تعیین شده برسد.

مرحله نهم: در صورت تحقق شرط پایان، توقف و در غیر این صورت رفتن به مرحله سوم (خالوزاده و رجبی، ۱۳۹۰).

تنظیم پارامترهای الگوریتم های فراابتکاری

تعیین مقدار مناسب پارامترهای یک الگوریتم نقش به سزایی در کارایی و اثربخشی آن الگوریتم دارد. روش های آماری متنوعی برای تنظیم پارامترهای یک الگوریتم مطرح شده است. یکی از روش های مطرح برای تنظیم پارامتر الگوریتم، روش طراحی آزمایش تاگوچی است (خویشندار، ۱۳۹۵). در این روش با استفاده از جدول آرایه های متعامد تعداد کمتری آزمایش جایگزین انجام کل حالات ممکن می شود و نتیجه یکسانی به دست می آید. با استفاده از نسبت S/N در رابطه (۱۵) نتایج آزمایش ها با هم مقایسه می شوند.

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n TC_i^2 \right) \quad (15)$$

برای تنظیم پارامتر در الگوریتم‌های چندهدفه از میانگین وزنی نرمال‌شده شاخص‌های کارایی برای محاسبه نسبت S/N استفاده می‌شود. از مهم‌ترین شاخص‌های مطرح برای تعیین کارایی و اثربخشی الگوریتم چندهدفه موارد زیرند:

۱- تعداد جواب پارتو^{۱۶} (NOS).

۲- فاصله از جواب ایدئال^{۱۷} (MID): این معیار برای محاسبه میانگین فاصله جواب‌های پارتو از جواب ایدئال یا در برخی مواقع از مبدأ مختصات استفاده و از رابطه (۱۶) محاسبه می‌شود.

$$MID = \frac{1}{n} \sum_{sol=1}^n \sqrt{\sum_{g=1}^3 f_{sol,g}^2} \quad (16)$$

۳- فاصله‌گذاری^{۱۸} (S): میزان فاصله نسبی جواب‌های متوالی براساس رابطه (۱۷) محاسبه می‌شود.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (dd_i - \bar{dd})^2}, \quad dd_i = \min_{k \in n, k \neq 1} \sum_{m=1}^3 |f_m^i - f_m^k|, \quad \bar{dd} = \sum_{i=1}^n \frac{dd_i}{|n|} \quad (17)$$

۴- زمان اجرای الگوریتم (Time) (عادلی و زندیه، ۱۳۹۲).

برای تعیین بهترین سطح فاکتورهای هر دو الگوریتم ابتدا با شاخص RPD در رابطه (۱۸)، شاخص‌های کارایی بی‌مقیاس و سپس از میانگین وزنی آنان به عنوان متغیر پاسخ برای محاسبه نسبت S/N در نرم‌افزار MINITAB18 استفاده می‌شود.

$$RPD = \frac{TC_{Alg} - TC_{best}}{TC_{best}} \times 100 \quad (18)$$

مقایسه کارایی الگوریتم‌های NSGA-II و MOPSO

برای انتخاب الگوریتم تکاملی مناسب، الگوریتم‌های NSGA-II و MOPSO با یکدیگر مقایسه می‌شوند. هر دو الگوریتم با جمعیت تصادفی جواب‌ها فرایند حل را آغاز می‌کنند و با اجرای الگوریتم‌های مربوطه جبهه جواب را ارائه می‌دهند. برای مقایسه و ارزیابی کیفیت جواب‌های دو الگوریتم، چندین بار با ابعاد تعیین‌شده در قسمت قبل در نرم‌افزار MatlabR2015a اجرا و شاخص‌های کارایی (NOS, MID, S, Time) برای هر دو دسته داده، محاسبه می‌شود. سپس آزمون آماری به صورت رابطه (۱۹) برای هریک از شاخص‌های کارایی (که در اینجا با A نشان داده شده) انجام و دو نمونه با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در نهایت الگوریتم برتر با میانگین بهتر انتخاب می‌شود.

$$\begin{cases} H_0: \mu_{NSGA-II}(A) = \mu_{MOPSO}(A) \\ H_1: \mu_{NSGA-II}(A) \neq \mu_{MOPSO}(A) \end{cases} \quad (19)$$

مورد مطالعه (طراحی شبکه توزیع پایدار دارو در شرکت داروپخش)

در این بخش برای اعتبارسنجی، با استفاده از داده‌ها و فرضیات شرکت توزیع داروپخش، مدل شبکه توزیع دارو طراحی و سپس مسئله حل می‌شود. شرکت توزیع داروپخش یکی از شرکت‌های بزرگ پخش دارو در سراسر کشور است. این شرکت دارای یک مرکز توزیع اصلی در شهر تهران و بیست مرکز توزیع در سراسر کشور است. در شکل ۲ شماتیک شبکه توزیع برای شرکت آمده است. پس از مشورت با کارشناسان شرکت توزیع داروپخش یک محصول داروی ژنریک تعیین شده و داده‌های لازم مدل برای این دارو در سال ۱۳۹۵ جمع‌آوری شده است که در جداول ۴ تا ۷ آمده است. در ادامه فرضیاتی که برای طراحی شبکه توزیع در شرکت داروپخش در نظر گرفته شده است و مدل ریاضی شبکه توزیع تشریح می‌شود. باتوجه به ویژگی‌های شرکت توزیع داروپخش و نظرات کارشناسان این شرکت فرضیاتی به شرح زیر به مدل اضافه شده است.

۱- برای طراحی شبکه توزیع دارو، مدل دارای یک مرکز توزیع اصلی در تهران و با ظرفیتی معین برای داروی تعیین شده است ($i = 1$).

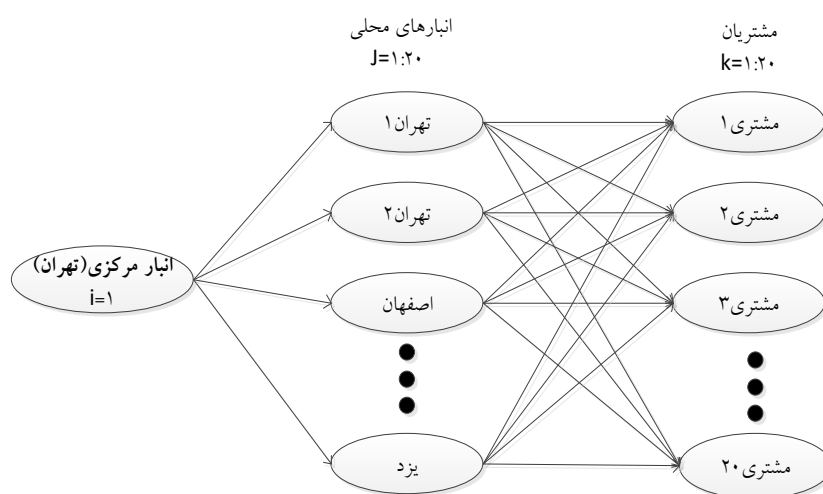
۲- برای طراحی شبکه توزیع دارو، مدل به صورت بالقوه امکان ایجاد ۲۰ مرکز توزیع محلی را برای داروی مدنظر داشته است ($j = 1, \dots, 20$).

۳- برای طراحی شبکه توزیع دارو، ۲۰ منطقه تقاضا (۲۰ مشتری مهم) برای داروی مدنظر، پاسخگو است ($k = 1, \dots, 20$).

۴- وسیله حمل و نقل در شرکت توزیع داروپخش یک نوع کامیون یخچال‌دار در نظر گرفته می‌شود که به صورت استیجاری است.

۵- موجودی داروی انتخابی در ابتدا و انتهای دوره در مراکز اصلی و محلی صفر در نظر گرفته می‌شود.

۶- هزینه نگهداری موجودی در طی دوره وجود ندارد.



شکل ۲- تعیین شبکه توزیع داروی مورد مطالعه در شرکت داروپخش

جدول ۴- هزینه ثابت افتتاح انبارهای محلی (میلیارد ریال)

هزینه ثابت افتتاح انبار	انبار محلی	هزینه ثابت افتتاح انبار	انبار محلی
تهران ۱	۶۰	ارومیه	۱۷
تهران ۲	۴۸	بندرعباس	۱۳
اصفهان	۶۶	اهواز	۲۴
شیراز	۳۵	زاهدان	۳۷
رشت	۱۵	بوشهر	۴
اردبیل	۱/۷	مشهد	۴۰
ساری	۱۶	کرمان	۲۰
یزد	۱۵	گرگان	۱۷
تبریز	۲۷	کرمانشاه	۴۳
همدان	۱۹	قم	۱۱

جدول ۵- تقاضای مشتریان در سال ۱۳۹۵

منطقه تقاضا	تعداد تقاضا (بسته در سال)	منطقه تقاضا	تعداد تقاضا (بسته در سال)
مشتری ۱	۷۴۰۰	مشتری ۱۱	۱۲۹۱۰
مشتری ۲	۹۰۲۰	مشتری ۱۲	۵۳۵۵
مشتری ۳	۴۸۱۷	مشتری ۱۳	۷۶۴۱
مشتری ۴	۴۷۲۵	مشتری ۱۴	۳۹۱۰
مشتری ۵	۱۵۳۲۸	مشتری ۱۵	۱۱۵۲
مشتری ۶	۱۰۴۸۰	مشتری ۱۶	۷۷۹۴
مشتری ۷	۱۰۱۴۰	مشتری ۱۷	۷۲۸۴
مشتری ۸	۱۴۰۵۲	مشتری ۱۸	۶۴۸۴
مشتری ۹	۱۴۳۹۷	مشتری ۱۹	۷۷۳۴
مشتری ۱۰	۵۸۲۲	مشتری ۲۰	۲۵۱۰

جدول ۶- نرخ بیکاری در مناطق انبارهای محلی در سال ۱۳۹۵

منطقه انبار محلی	درصد بیکاری	منطقه انبار محلی	درصد بیکاری
تهران ۱	۱۳/۳	ارومیه	۷/۵
تهران ۲	۱۳/۳	بندرعباس	۱۰/۸
اصفهان	۱۷/۴	اهواز	۱۴/۹
شیراز	۱۳/۶	زاهدان	۱۳/۸
رشت	۹/۹	بوشهر	۱۱/۲
اردبیل	۱۲/۶	مشهد	۱۲/۵
ساری	۱۰/۸	کرمان	۱۱/۹
یزد	۱۱/۸	گرگان	۱۲/۸
تبریز	۱۰/۴	کرمانشاه	۲۰/۳
همدان	۸	قم	۱۱/۴

جدول ۷- تعداد نیروی کار لازم در انبارهای محلی

انبار محلی	تعداد نیروی کار لازم	انبار محلی	تعداد نیروی کار لازم
تهران ۱	۹۰	ارومیه	۳۰
تهران ۲	۸۰	بندرعباس	۳۰
اصفهان	۵۰	اهواز	۴۰
شیراز	۵۰	زاهدان	۳۰
رشت	۳۰	بوشهر	۱۰
اردبیل	۱۰	مشهد	۶۰
ساری	۴۰	کرمان	۳۰
یزد	۳۰	گرگان	۳۰
تبریز	۵۰	کرمانشاه	۳۰
همدان	۳۰	قم	۳۰

تعداد دارو در هر بسته ۱۴ عدد، ۲۸ بسته در هر کارتن، ۱۵۰ کارتن در هر پالت و وزن هر کارتن ۳۰۰۰ گرم است. واحد هزینه حمل و نقل کامیون به ازای هر کیلومتر (شامل هزینه سوخت، هزینه راننده و استهلاک کامیون) از طریق مشورت با مؤسسات باربری به دست آمده است. وسیله حمل و نقل بین مرکز توزیع اصلی تا مرکز توزیع محلی کامیون ۱۰ تن با ظرفیت ۱۰ پالت و وسیله حمل و نقل بین مرکز توزیع محلی تا مناطق مشتری کامیون ۶ تن با ظرفیت ۵ پالت هستند. مسافت بین دو مرکز اصلی و مراکز انبار محلی از طریق سایت گوگل مپ ۱۹ در دسترس قرار گرفته است. با استفاده از این داده‌ها هزینه حمل و نقل بین دو مرکز توزیع اصلی و محلی ضرب شده است که حاصل ضرب واحد هزینه حمل و نقل کامیون به ازای هر کیلومتر در مسافت بین دو مرکز است. تابع هدف زیست محیطی نیازمند داده‌های مربوط به میزان انتشار گاز دی اکسید کربن برای کامیون ۱۰ تن و ۶ تن است که از طریق راهنمای اکو- ایندیکاتور ۲۰۹۹ در دسترس قرار می‌گیرد. داده‌های لازم برای تابع هدف سوم نرخ بیکاری مناطق مراکز محلی است که از سایت مرکز آمار ایران (۱۳۹۶) استخراج شده است.

بحث

با جای‌گذاری داده‌های جمع‌آوری شده در مدل پیشنهادی، مدل برای داروی انتخابی شرکت داروپخش اجرا شده است. خروجی مدل برنامه‌ریزی درباره نحوه توزیع این دارو و تعیین انبارهای محلی است. ابتدا مدل با استفاده از روش میانگین وزنی حل شده است. اوزان هریک از اهداف با نظر کارشناسان شرکت داروپخش به ترتیب ۰/۷، ۰/۱۷ و ۰/۱۳ است. این مدل با استفاده از دستور Intlinprog در MatlabR2015a اجرا شد. جواب بهینه براساس این روش به دست آمده است.

برای حل در مقیاس بزرگ الگوریتم‌های فراابتکاری انتخابی در MatlabR2015a برای مدل پیشنهادی کدنویسی شده‌اند. برای داشتن جواب‌های بهتر، باید پارامترهای الگوریتم‌های فراابتکاری تنظیم شوند. این کار با استفاده از طراحی آزمایش‌های تاگوچی انجام شده است. تعداد پارامترهای موجود و تعداد سطوح تعیین شده از جدول

استاندارد آرایه‌های متعامد $L9$ به صورت جدول ۸ برای تنظیم پارامتر دو الگوریتم استفاده می‌شود. آزمایش‌ها یا سناریوهای مطرح برای دو الگوریتم به ترتیب در جدول ۹ آمده است. با انجام آزمایش‌های مطرح برای هر الگوریتم و محاسبه شاخص‌های کارایی (جدول ۱۰) نتایج با شاخص RPD بی‌مقیاس شده است.

جدول ۸- تعیین فاکتورها و سطوح آنها برای الگوریتم‌ها

الگوریتم	پارامتر	نماد	تعداد سطح	سطح یک	سطح دو	سطح سه
NSGA-II	اندازه جمعیت	N_p	۳	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰
	تعداد نسل‌ها	N_g	۳	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰
	نرخ تقاطع	P_{cr}	۳	۰/۶	۰/۷۵	۰/۸۵
MOPSO	اندازه جمعیت	N_p	۳	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
	تعداد نسل‌ها	N_g	۳	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰
	وزن موقعیت فعلی	W	۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶

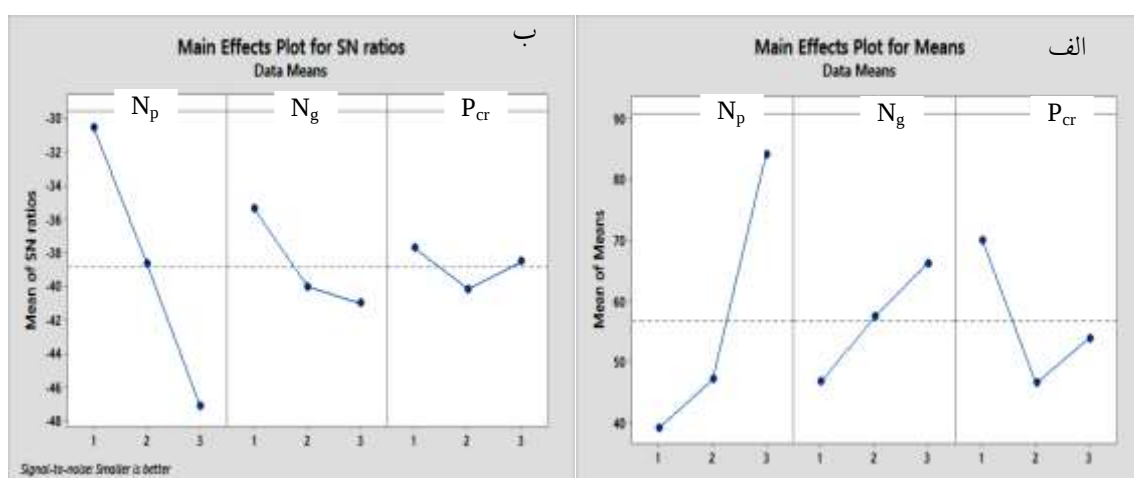
جدول ۹- تعیین فاکتورها و سطوح آنها برای الگوریتم

سناریو (آزمایش)	NSGA-II			MOPSO		
	اندازه جمعیت	تعداد نسل‌ها	نرخ تقاطع	اندازه جمعیت	تعداد نسل‌ها	وزن موقعیت فعلی
۱	$N_p(1)$	$N_g(1)$	$P_{cr}(1)$	$N_p(1)$	$N_g(1)$	$W(1)$
۲	$N_p(1)$	$N_g(2)$	$P_{cr}(2)$	$N_p(1)$	$N_g(2)$	$W(2)$
۳	$N_p(1)$	$N_g(3)$	$P_{cr}(3)$	$N_p(1)$	$N_g(3)$	$W(3)$
۴	$N_p(2)$	$N_g(1)$	$P_{cr}(2)$	$N_p(2)$	$N_g(1)$	$W(2)$
۵	$N_p(2)$	$N_g(2)$	$P_{cr}(3)$	$N_p(2)$	$N_g(2)$	$W(3)$
۶	$N_p(2)$	$N_g(3)$	$P_{cr}(1)$	$N_p(2)$	$N_g(3)$	$W(1)$
۷	$N_p(3)$	$N_g(1)$	$P_{cr}(3)$	$N_p(3)$	$N_g(1)$	$W(3)$
۸	$N_p(3)$	$N_g(2)$	$P_{cr}(1)$	$N_p(3)$	$N_g(2)$	$W(1)$
۹	$N_p(3)$	$N_g(3)$	$P_{cr}(2)$	$N_p(3)$	$N_g(3)$	$W(2)$

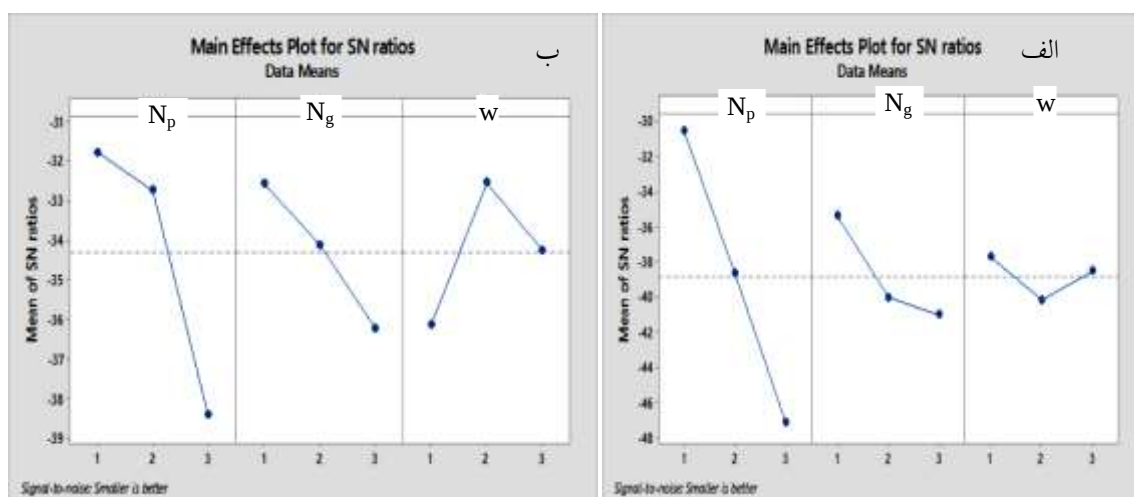
جدول ۱۰- محاسبه شاخص‌های کارایی برای تنظیم پارامتر در الگوریتم‌ها

آزمایش	NSGA-II				MOPSO			
	S	MID (E+۱۱)	Time(ثانیه)	NOS	S	MID (E+۱۱)	Time(ثانیه)	NOS
۱	۶۶۰۱۵۳۲۰۰۲۹	۱/۹۷۹۴۵	۳۵/۶۹	۱۸	۶۷۸۲۰۲۶۷۹۳۸	۱/۳۶۳۹۳	۱۶/۰۹	۲۵
۲	۴۶۳۹۲۷۴۲۵۴۹	۱/۹۸۴۶۵	۷۰/۹۹	۲۰	۶۴۲۶۵۸۱۹۹۰۹	۱/۲۵۳۴۷	۳۶/۵۸	۳۷
۳	۶۷۹۴۶۴۳۰۳۱۰	۱/۹۸۱۱۹	۱۰۷/۵۹	۱۹	۵۰۲۸۳۵۵۵۷۶۲	۱/۵۱۷۳۷	۴۱/۷۰	۲۱
۴	۵۵۵۶۱۳۸۱۱۰۵	۱/۹۶۶۴۷	۱۲۴/۱۴	۲۳	۴۹۲۶۲۹۸۱۰۴۲	۱/۲۵۶۷۵	۲۳/۴۸	۱۵
۵	۶۲۷۷۸۷۹۸۵۲۶	۱/۹۸۰۴۳	۲۵۰/۸۹	۲۱	۵۱۲۲۹۸۸۳۶۳۹	۱/۱۹۲۱۷	۴۸/۲۲	۲۴
۶	۶۵۵۳۰۳۸۴۰۰۸	۲/۰۰۰۱۷	۳۷۵/۳۲	۲۲	۷۶۶۰۲۰۸۰۱۹۵	۱/۲۱۵۶	۷۶/۱۹۳	۲۱
۷	۷۹۹۲۶۶۱۳۵۸۰	۲/۰۵۲۵۷	۲۷۰/۹۴	۳۳	۹۳۸۴۶۰۲۵۲۲۸	۱/۵۴۹۷۵	۴۸/۳۲	۳۲
۸	۷۵۹۴۷۰۸۳۵۶۴	۱/۹۹۷۲۲	۵۳۶/۰۱	۳۲	۷۵۳۱۳۴۹۴۲۷۰	۱/۷۲۱۱۴	۸۹/۱۶	۲۵
۹	۶۷۴۸۹۷۵۰۷۵۸	۱/۰۵۴۱۵	۸۰۳/۱۱	۲۷	۴۴۶۶۴۸۸۶۷۸۷	۱/۰۲۵۴۵	۱۳۲/۸۷	۳۰

سطوح بهینه برای هر الگوریتم باتوجه به محاسبه نسبت S/N و محاسبه میانگین انتخاب می‌شود. در الگوریتم NSGA-II براساس شکل ۳ فاکتور اول و دوم در سطح یک و برای فاکتور سوم با آزمایش دوباره، سطح یک انتخاب می‌شود. در الگوریتم MOPSO براساس شکل ۴ فاکتور اول و دوم در سطح یک و برای فاکتور سوم سطح دو انتخاب می‌شود. برای تعیین الگوریتم برتر برای حل مدل پیشنهادی، دو الگوریتم ۳۰ بار اجرا شده است و شاخص‌های کارایی محاسبه شده‌اند. با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 میانگین دو دسته داده برای هر شاخص آزمون می‌شود. به دلیل نرمال بودن داده‌ها از آزمون تی برای مقایسه میانگین‌های گروه‌ها استفاده می‌شود. نتایج آزمون‌ها در جدول ۱۱ آمده است. باتوجه به نتایج، الگوریتم MOPSO کارایی بیشتری نسبت به الگوریتم NSGA-II دارد. این الگوریتم سریع‌تر است و جبهه جواب یکنواخت‌تر و نزدیک‌تر به جواب بهینه دارد.



شکل ۳- الف. میانگین درصد انحراف نسبی، ب. نسبت S/N در سطوح فاکتورهای الگوریتم NSGA-II



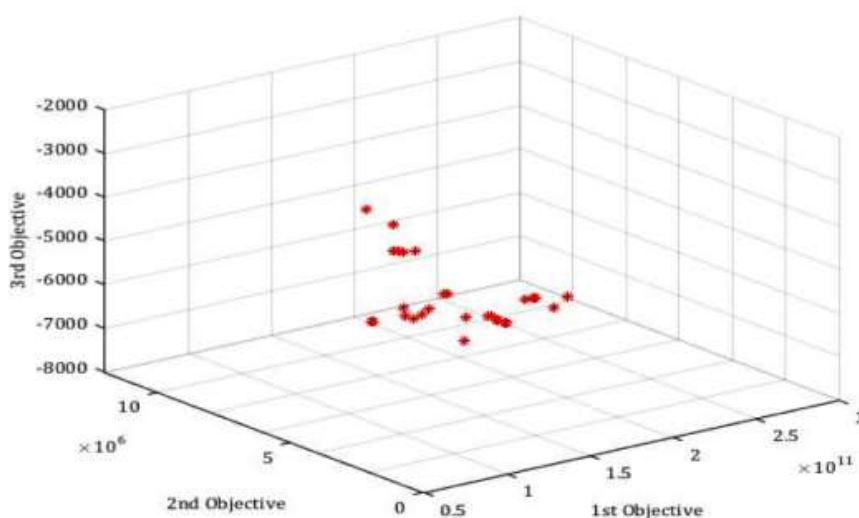
شکل ۴- الف. میانگین درصد انحراف نسبی، ب. نسبت S/N در سطوح فاکتورهای الگوریتم MOPSO

مدل طراحی شده برای داروی انتخابی در شرکت توزیع داروپخش با استفاده از الگوریتم MOPSO (الگوریتم برتر)، اجرا شد. جبهه جواب بهینه برای یک اجرا پس از تنظیم پارامتر در شکل ۵ آمده است. نقاط مشخص شده در شکل گزینه‌هایی با جواب بهینه و قابل انتخاب‌اند. با ارائه جواب‌های ممکن به کارشناسان شرکت، یکی از گزینه‌ها جواب نهایی انتخاب شد.

خروجی طراحی شبکه توزیع تعیین انبارهای محلی، میزان ارسال دارو از انبار مرکزی به انبارهای محلی (شکل ۶) و میزان ارسال دارو از انبار محلی به مشتریان است. در شکل ۶ انبارهای محلی (که می‌توان از طریق آنها توزیع این دارو را انجام داد) در محور افقی و میزانی که دارو به این انبارها منتقل می‌شود در محور عمودی نشان داده شده است. مقایسه جواب بهینه روش میانگین وزنی و الگوریتم MOPSO در این مسئله در جدول ۱۲ آمده است. در مقایسه دو روش تابع هدف اول و دوم با استفاده از الگوریتم MOPSO مقدار بهتری داشته است و تابع هدف سوم در روش میانگین وزنی مقدار بیشتری دارد.

جدول ۱۱- نتایج مقایسه دو الگوریتم

ردیف	شاخص	آزمون	الگوریتم	میانگین	معناداری 95%	الگوریتم برتر
۱	فاصله از نقطه ایدئال (MID)	t	NSGA-II	$2.073704E+5$	۰/۰۰۰	MOPSO
			MOPSO	$1.605000E+5$		
۲	تعداد جواب‌ها (NOS)	t	NSGA-II	$19/9667$	۰/۲۹۹	تفاوتی ندارد
			MOPSO	$23/3333$		
۳	فاصله‌گذاری (S)	t	NSGA-II	$7.0044006250/5$	۰/۰۰۰	MOPSO
			MOPSO	$1425966666/67$		
۴	زمان اجرا (Time)	t	NSGA-II	$35/4809$	۰/۰۰۰	MOPSO
			MOPSO	$15/4012$		

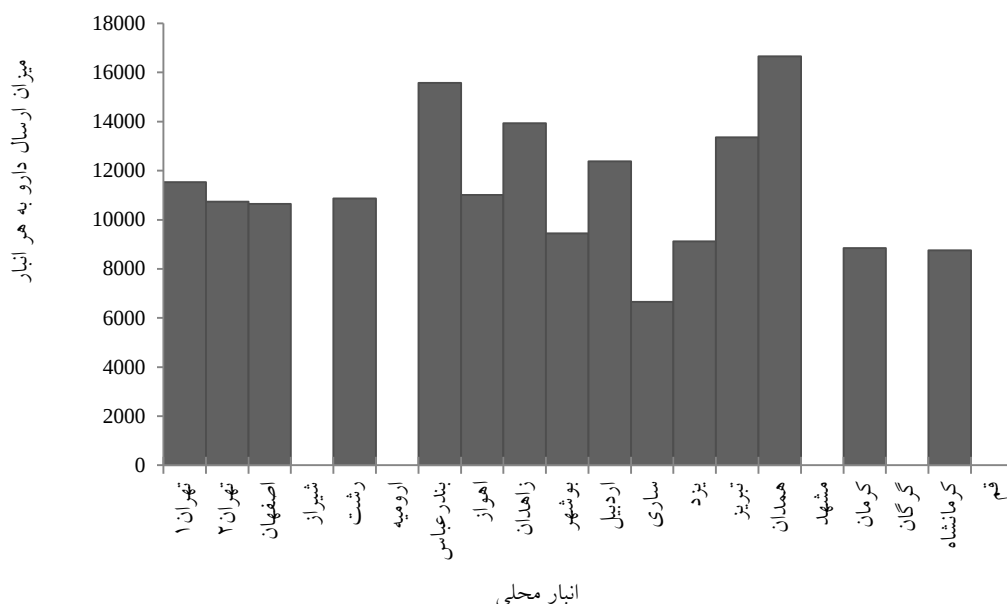


شکل ۵- شکل جبهه جواب الگوریتم MOPSO

جدول ۱۲- مقایسه جواب بهینه الگوریتم MOPSO و میانگین وزنی

الگوریتم	مقدار تابع هدف اول (اقتصادی) ریال	مقدار تابع هدف دوم (زیست محیطی)	مقدار تابع هدف سوم (اجتماعی)
میانگین وزنی	۳۰۲,۰۹۰,۰۰۰,۰۰۰	۸,۸۵۶,۱۰۰	۱۰۰۲۹
MOPSO	۱۵۵,۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۵,۵۴۰,۰۰۰	۶۵۶۹

در ایران تاکنون مطالعات کمی پیرامون برنامه ریزی در حوزه زنجیره تأمین دارو انجام شده است. بیشتر مطالعات در این بخش فاکتورهای انتخاب تأمین کننده، ارزیابی عملکرد و... را در حوزه مدیریت دارو بررسی کرده است و کمتر روش برنامه ریزی در تصمیم گیری های عملیاتی و استراتژیک در صنعت دارو را مطالعه کرده اند. به نظر می رسد موسی زاده و همکاران (۲۰۱۵) نخستین بار مدلی برای زنجیره تأمین دارو در ایران ارائه کرده اند. این مدل با اهداف حداقل کردن هزینه های حمل و نقل و حداقل کردن تقاضای عقب افتاده طراحی شده است. این مدل به صورت ابتکاری حل شده است. این روش توانایی حل مدل با سایز بزرگ را نداشته است و کارایی الگوریتم های فرا ابتکاری را ندارد. در این پژوهش تلاش شد تا با توجه به مشکلات سیستم توزیع دارو در کشور مدلی بومی طراحی شود که در شرایط کنونی قابل اجرا و کاربردی باشد و از نظر توانمندی مسائل به روز دنیا نظیر توجه به مسائل زیست محیطی را پوشش دهد؛ بنابراین در این مدل سه تابع هدف کاربردی اقتصادی، اجتماعی و کاربردی طراحی شده است که در برنامه ریزی توزیع دارو به نحو منطقی و سریع سیستم توزیع داروی کشور را ارتقا می دهد. در این پژوهش حل مدل با الگوریتم های فرا ابتکاری انجام شده است که قدرت زیاد در به دست آوردن جواب های بهتر و در مقیاس بالا را دارند.



شکل ۶- تعیین انبارهای محلی و میزان ارسال دارو به هریک از انبارها در شرکت داروپخش

نتیجه‌گیری

صنعت دارو یکی از مهم‌ترین صنایع موجود در دنیا شمرده می‌شود؛ انجام پژوهش‌هایی در این حوزه به‌لحاظ افزایش سلامت جامعه و افزایش قدرت رقابتی بین سایر جوامع جزء مطالعات استراتژیک یک کشور محسوب می‌شود. چالش‌هایی که کشور ایران در صنعت دارو با آن مواجه است شامل کاهش هزینه‌ها، تضمین تحویل به‌موقع و کاهش زمان حمل و نقل برای عکس‌العمل بهتر به محیط پیرامون است. به‌گفته مسئولین، توزیع دارو با مشکلات زیادی روبه‌رو است. این مشکلات موجب کمبود دارو یا انبوه داروهای تاریخ‌گذشته، است و گاهی مردم را برای دسترسی به نیازهای دارویی‌شان با چالش‌های متعددی مواجه کرده است. با بررسی مشکلات شبکه توزیع داروی مطرح‌شده ازطرف مسئولین استفاده‌نکردن از شیوه‌های نوین مدیریت در شبکه‌های توزیع دارو، توزیع نامناسب مقدار دارو به مراکز تقاضا و توزیع نامناسب مقدار دارو به مراکز تقاضا و... نتیجه‌گیری می‌شود؛ بنابراین این مقاله طراحی و تبیین مدل شبکه توزیع دارو را برای کاهش مشکلات در زنجیره تأمین دارو به‌خصوص در قسمت توزیع مطالعه کرده است.

این مقاله، شبکه توزیع دارو را برای تصمیم‌گیری در موارد استراتژیک (مانند مکان‌های توزیع اصلی و محلی دارو)، تصمیمات تاکتیکی (مربوط به برنامه‌ریزی میان‌مدت مثل بهینه‌کردن جریان مواد عبوری در شبکه زنجیره تأمین) و در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی برای رسیدن به پایداری بررسی کرده است. مدل پیشنهادی شبکه توزیع دارو، مدل سه‌هدفه‌ای است که اهداف آن را سه بعد پایداری تشکیل می‌دهند و یک مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط عدد صحیح محسوب می‌شود. در این مدل هدف تعیین میزان بهینه جریان دارو در بخش‌ها و تعداد بهینه مراکز توزیع فرعی و اصلی بود که با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی مطرح در مسائل چندهدفه (MOPSO و NSGA-II) مدل پیشنهادی برای داروی پیشنهادی در شرکت توزیع داروپخش حل شد. برای رسیدن به جواب‌های بهتر با استفاده از روش طراحی آزمایش تاگوچی پارامترهای هر دو الگوریتم در سطح بهینه خود انتخاب شدند و الگوریتم‌ها در محیط MatlabR2015a، ۳۰ بار اجرا شدند. در پایان با استفاده از شاخص‌های کارایی الگوریتم‌های چندهدفه و آزمون‌های آماری نتایج حاصل از دو الگوریتم با هم مقایسه شدند. نتایج نشان‌دهنده کارایی بیشتر الگوریتم MOPSO بود؛ بنابراین الگوریتم MOPSO الگوریتم مناسب و کارایی برای حل مدل ارائه‌شده شبکه توزیع دارو در حالت پایدار است. اجرای مدل در سیستم توزیع دارو باعث توزیع مناسب و سریع دارو با حداقل هزینه، ایجاد اشتغال بیشتر به‌خصوص در مناطق محروم با درصد بیکاری بالا و کاهش میزان انتشار گازهای آلاینده در کشور می‌شود. در این مدل پارامترها به‌صورت قطعی در نظر گرفته شده‌اند؛ در واقعیت پارامترها دست‌خوش تغییر می‌شوند.

محدودیت این پژوهش، ثابت و قطعی در نظر گرفتن پارامترهای مدل است؛ به این منظور در پژوهش‌های آتی مطالعه مدل در شرایط غیرقطعی و پارامترهای غیرقطعی مثل میزان تقاضا و یا قیمت پیشنهاد می‌شود. محدودیت دیگر بررسی این مدل در یک شرکت توزیع دارو است. بررسی مدل در سایر شرکت‌های توزیع دارو براساس شرایط آنها پیشنهاد می‌شود. همچنین مقایسه حل مدل با سایر الگوریتم‌های چندهدفه با الگوریتم MOPSO پیشنهاد می‌شود. برای مطالعه بیشتر روی مدل، بررسی مدل در حالت چندمحصولی و در دوره‌های زمانی بیشتر، کاربرد این پژوهش را کامل‌تر می‌کند.

این پژوهش به وسیله صندوق حمایت از پژوهشگران ریاست جمهوری (INSF) حمایت شده است.

Referencea

- Adeli, M. and Zandieh, M. (2014). "Providing a multi-objective simulation optimization approach for the integrated inventory modeling and decision-making model". *Industrial management perspective*, 11, 89-110.
- Ahmadi, A., Mousazadeh, M., Torabi, S. Ali., Pishvae, M. S. (2018). "OR Applications in Pharmaceutical Supply Chain Management". *International Series in Operations Research & Management Science*. 262,461-491.
- Deb, K., Agrawal, S., Meyarivan, T. (2000). "A fast elitist non-dominated sorting genetic algorithm for multi-objective optimization: Nsga-ii". *Lecture Notes in Computer Science*. 1917, 849-858.
- Emadi, F. (2015). "Identification and Prioritization of Effective Factors on Supply Chain Integration in the Pharmaceutical Industry Using the AHP Method Ph.D. Thesis". Faculty of Pharmacy, Islamic Azad University, Pharmaceutical Sciences Branch, Tehran, Iran.
- GRI. (2013). "G4 Sustainability Reporting Guidelines". *Global Reporting Initiative*, Amsterdam.
- Hassani, A., Zegordi, S.H., Nikbakhsh, E. (2014). "Robust closed loop global supply chain network design under uncertainty: the case of the medical device industry", *International Journal of Production Research*. 53(5), 1-30.
- Jafarnejad, A., Mahmodi, M., (2015). Sustainable supply chain. Tehran: nashre ketab mehraban.
- Jorgensen, A., L. Bocq, A. Nazarkina, L. Hauschild, M. (2008). "Methodologies for social life cycle assessment". *International Journal of Life Cycle Assess*, 13, 96-103.
- Khishtandar, S., Zandieh, M., Dorri, B. (2017). "A multi criteria decision making framework for sustainability assessment of bioenergy production technologies with hesitant fuzzy linguistic term sets: The case of Iran". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 1130-1145.
- Kim, D. (2005). "An integrated supply chain management system: A case study in healthcare sector". *Lecture Notes in Computer Science* 35, 218-227.
- Levis, A., G. Papageorgiou, L. (2004). "A hierarchical solution approach for multi-site capacity planning under uncertainty in the pharmaceutical industry". *Computers and Chemical Engineering*, 28, 707-728.
- Mahalati, V. (2016). "Distribution system in the country". retrieved from: www.igph.ir, 2017/08/05.
- Masoumi, A.H., Yu, M., Nagurney, A. (2012). "A supply chain generalized network oligopoly model for pharmaceuticals under brand differentiation and perishability". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48, 762-780.
- Mota, B., Gomes, K., Carvalho, A., Barbosa-Povoa, A. (2014). "Towards supply chain sustainability: economic, environmental and social design and planning". *Journal of Cleaner Production*, 107, 14-27.
- Mousazadeh, M., Torabi, S.A., Zahiri, B. (2015). "A robust Possibilistic Programming approach for pharmaceutical supply chain network design", *Computers and Chemical Engineering*, 82, 115-128.
- Rajabi, M., Khaloozadeh, H. (2015). "Optimal Portfolio Prediction in Tehran Stock Market using Multi-Objective Evolutionary Algorithms, NSGA-II and MOPSO". *Financial research journal*, 16(2), 253-270.
- Statistical Center of Iran. (2018). retrieved from www.amar.org.ir, 2018/09/02.

Taleizadeh, A., Noori-daryan, M. (2015). “pricing, inventory and production policies in a supply chain of pharmacological products with rework process: a game theoretic approach”. *operation Research International Journal* ,16(1), 89–115.

Zhao, Z. Y., Zhao, X.-J., Davidson, K., Zuo, J. (2012). “A corporate social responsibility indicator system for construction enterprises”, *Journal of Cleaner Production*, 29, 277- 289.

¹ Sustainability

² Ahmadi et al

³ Kim

⁴ Levis and G. Papageorgiou

⁵ Masoumi et al

⁶ Hassani et al

⁷ Musazadeh et al

⁸ Taleizadeh and Noori-daryan

⁹ Global reporting initiatives(GRI)

¹⁰ Zhao et al

¹¹ Jorgenson et al

¹² Mota et al

¹³ Roulette wheel

¹⁴ Arithmetic crossover

¹⁵ Deb et al

¹⁶ Number of solution

¹⁷ Mean ideal distance

¹⁸ Spacing

¹⁹ Google map

²⁰ Eco- indicator99