



“Technical Note”

Modeling the Production and Distribution in Three-Level Supply Chain Based on Lean Thinking and Its Solution Using Lingo and GA

Pegah Moradian Boroujeni, Ahmad Sadeghiye, Mohammad_Bagher Fakhrzad*

Pegah Moradian Boroujeni, graduate student, pegah.moradian@stu.yazduni.ac.ir

Ahmad Sadeghiye, sadegheih@yazd.ac.ir

Mohammad_Bagher Fakhrzad, mfakhrzad@yazd.ac.ir

Keywords

Three level supply chain,
lea,
leaning,
manufacturing and distribution,
Modeling lean supply chain,
Lingo,
GA

ABSTRACT

Today the organization for survive in competitive market should provide the variety products according to customer demand. Therefore even with interior sources, they needed to manage the organization out of the institute and go toward supply chain management. In other hand success and superior of chain and their members is required focusing on customer orientation and value creation. Therefore, today leaning of chain, organizations and their processes is important. In this survey because of importance of production and distribution, we deal with modeling of productions; select active distribution easy and design distribution network along three-level supply chain and in regarding to satisfaction of customers, a mixed plan of Integer has been written. Comparing the results GA algorithm and Lingo shows that Lingo can present the optimum solution just in small dimensions, so GA innovation algorithm is used, comparing the results of them in small dimensions indicate 4.07% approximate variance results of GA related to optimum solution. So we can approve results of it in higher dimensions and see it as an ideal solution for finding product appropriate pattern and desirable distribution network.

© 2014 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 25, No. 3, All Rights Reserved

*
Corresponding author Mohammad Bagher Fakhrzad
Email: mfakhrzad@yazduni.ac.ir



"یادداشت فنی"

تولید و توزیع در زنجیره تامین سه سطحی بر اساس تفکر ناب با رویکرد GA

پگاه مرادیان بروجنی، احمد صادقیه و محمدباقر فخرزاد*

کلمات کلیدی

زنجیره تامین سه سطحی،
ناب سازی، تولید و توزیع،
مدلسازی زنجیره تامین ناب،
GA, Lingo

چکیده:

امروزه سازمان‌ها برای باقی ماندن در عرصه رقابت باید محصولات متنوع با توجه به خواست مشتری فراهم کنند، بنابراین خود را نیازمند آن می‌دانند که در کنار توجه به منابع داخلی، منابع خارج از سازمان خود را نیز مدیریت کرده و وارد مقوله‌هایی همچون مدیریت زنجیره-تامین شوند. از طرفی دیگر موفقیت و برتری کامل این زنجیره‌ها مستلزم تمرکز بر ارزش آفرینی و مشتری‌گرایی می‌باشد، بنابراین ناب‌سازی زنجیره، سازمان‌ها و فرآیندهای آنها امروزه از اهمیت زیادی برخوردار شده‌است. در این مقاله به دلیل اهمیت بالای بخش تولید و توزیع، به مدلسازی تولید، انتخاب تسهیلات توزیع فعال و طراحی شبکه توزیع جریان مواد در طول زنجیره‌تامین سه سطحی پرداخته شده و در راستای رضایت مشتری و بر اساس تفکر ناب، یک برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح نوشته شده‌است. در حل این مدل با نرم افزار Lingo با توجه به زمان صرف شده، مناسب بودن این متد در ابعاد کوچک اثبات می‌شود، ولی با بالا رفتن ابعاد مسئله، ضرورت استفاده از یک الگوریتم فراابتکاری مانند GA نیز مشخص می‌گردد، نتایج حاصل از GA در ابعاد کوچک انحراف تقریبی ۰۷/۴٪ را نسبت به جواب بهینه حاصل از Lingo نشان می‌دهد بنابراین می‌توان نتایج آن را در ابعاد بالاتر مورد قبول دانست و بعنوان یک راه حل ایده‌آل برای یافتن الگوی مناسب تولید و شبکه توزیع مطلوب به آن نگریست.

۱. مقدمه

در گذشته اکثر سازمان‌های خرید، ساخت، برنامه‌ریزی، توزیع و بازاریابی به طور مستقل اهداف خود را دنبال کرده و اغلب در کشمکش با یکدیگر بسر می‌بردند، بنابراین بتدریج نیاز به یک مکانیزم برای یکپارچگی بین این توابع احساس شد و باعث توجه

به موضوع زنجیره‌تامین و مدیریت هرچه بهتر آن گردید [۱]. مدیریت زنجیره‌تامین مجموعه روش‌هایی است که برای یکپارچه نمودن موثر عرضه‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشگاه‌ها به کار می‌رود، تا محصولات مورد نیاز، به مقدار مشخص و در زمان و مکان معین تولید و به مشتریان عرضه شود تا هزینه‌های کل زنجیره حداقل گردد [۲]. از طرفی دیگر رویکرد ناب که در سال ۱۹۹۰ توسط جیمز ووامک و همکارانش در قالب یک کار تحقیقاتی از دانشگاه MIT با عنوان "ماشینی که جهان را تغییر داد" ارائه شد [۳]، بعنوان یک رویکرد بهبوددهنده برای زنجیره شناخته شده‌است. این رویکرد برای شناسایی و حذف اتلاف از طریق بهبود مستمر دارای مزایایی از جمله نزول پیوسته قیمت تمام شده، به صفر رساندن ضایعات، پایین آوردن زمان انجام سفارش، افزایش سطح رضایت مشتری و غیره می‌باشد [۴].

تاریخ وصول: ۹۰/۱۲/۱۷

تاریخ تصویب: ۹۱/۴/۱۷

پگاه مرادیان بروجنی، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه یزد، pegah.moradian@stu.yazduni.ac.ir
احمد صادقیه، نویسنده دوم: دانشیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه یزد، sadegheih@yazduni.ac.ir
*نویسنده مسئول مقاله: دکتر محمدباقر فخرزاد، استادیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه یزد، mfakhrzad@yazduni.ac.ir

بین این کار با کارهای انجام شده، می باشد. نگاهی به زنجیره-تامین بعنوان زمینه مورد بررسی در بخش ۳ ارائه شده و بخش ۴ شامل توضیحی در رابطه با ناب سازی است. محث زنجیره تامین ناب و چگونگی بهبود شاخص های عملکرد زنجیره توسط ناب در بخش ۵ عنوان شده است. تعریف مسئله شامل بیان تمامی فرضیات و مدل سازی در بخش ۶ آورده شده و بخش ۷ نیز در بردارنده روش های حل و مقایسه نتایج حاصل می باشد و در انتهای تحقیق نیز در بخش ۸ و ۹ به ترتیب نتایج و مراجع ارائه شده است.

۲. مرور ادبیات

توجه به تنها یک بخش از زنجیره در تحقیقات زیادی دیده می-شود، مانند مقاله ای [۹] که بر روی تولید یک محصول با تقاضای قطعی و محدودیت برآوردن کردن نیازهای کل زنجیره و بکارگیری متغیرهای جایابی مناسب برای هر تسهیل، تخصیص امکانات و هدف حداقل کردن هزینه کل تمرکز دارد. مطالعه ای [۱۰] نیز رسیدن به مینیمم هزینه، ماکزیمم سطح سرویس دهی و تعادل بین امکانات را برای تک محصول در این بخش بررسی کرده است. تحقیق [۱۱] کار دیگری است که در این حیطة بر روی چند محصول با تقاضاهای قطعی تمرکز کرده و با توجه به محدودیت بر روی ظرفیت و استفاده از تعداد مناسب تولید هزینه را مینیمم می کند. مقاله [۱۲] بخش توزیع تک محصول را با تقاضای قطعی و استفاده از یک نوع ماده خام بررسی کرده و با تعریف جایابی تسهیلات بعنوان متغیر و در نظر گرفتن محدودیت بر روی ظرفیت تمامی واحدهای تولید و توزیع و رفع نیاز تمام قسمت های مختلف زنجیره سعی در حداکثر کردن سطح سرویس دهی دارد. پژوهش [۱۳] بر روی زمینه مورد بررسی مطالعه قبلی کار کرده با این تفاوت که تقاضا در اینجا اتفاقی است و با استفاده از تعریف متغیرهایی مانند جایابی امکانات، تخصیص هر کدام از آنها و مسیریابی برای حمل محصولات سعی در مینیمم کردن هزینه های کلی زنجیره دارد. تمرکز بر روی توزیع به موقع با هدف مینیمم کردن هزینه های کل تولید و حمل و نقل با در نظر گرفتن جریمه زودکرد و دیرکرد در پژوهش [۱۴] انجام گرفته است.

اکثر تحقیقات انجام گرفته دو بخش تولید و توزیع را شامل می-شوند، مانند مطالعه ای [۱۵] که تولید و توزیع شبکه تک محصولی را در چند پرپود با متغیر جایابی امکانات، در نظر داشتن محدودیت بر روی ظرفیت تسهیلات، برآوردن نیازهای کلی در زنجیره و محدودیت های پوششی برای کاهش هزینه های کلی و بالا بردن سطح سرویس دهی بررسی کرده است. در نظر داشتن تقاضای اتفاقی برای تک محصول در جهت مینیمم کردن هزینه زنجیره و استفاده از جایابی مناسب تسهیلات، تعداد حمل و نقل و

کارشناسان و متخصصان زنجیره تامین، برخی از اهداف زنجیره مانند کاهش اتلاف ها، افزایش سودآوری و ایجاد انعطاف های بیشتر را با مبانی ناب مشترک می دانند. ادغام این دو مقوله به زنجیره-تامین ناب با هدف تامین محصول با کمترین قیمت و بالاترین ارزش افزوده منجر می شود.

در این تحقیق با توجه به تاثیرگذاری مستقیم دو عامل تولید و توزیع بر روی هزینه زنجیره تامین، این دو بخش به عنوان محدوده-ی مورد بررسی برای جریان ارزش انتخاب شدند. در کل تولید و توزیع جریان مواد در زنجیره تامین سه سطحی بصورت مدل سازی تولید، انتخاب تسهیلات (مراکز توزیع) برای باز بودن و طراحی شبکه توزیع جریان مواد برای ارضای نیاز مشتریان با اهداف چندگانه بر اساس تفکر ناب و کمی کاستی های تحقیقات انجام شده مورد بررسی قرار گرفته است. این اهداف شامل حداقل سازی هزینه ی کل تولید و توزیع بعنوان مهمترین هدف، حداقل کردن مقدار ضایعات تولیدی با توجه به تمامی احتمالات، حداقل کردن زمان انجام سفارش و آماده سازی و افزایش سطح سرویس دهی بطور همزمان است. محدودیت های بکار گرفته شده نیز اعم از محدودیت ظرفیت تولیدی، ظرفیت انبارها، زمان های توزیع و آماده سازی و محدودیت های کیفیتی و غیره می باشد. یک مدل ریاضی نیز برای مشخص کردن تسهیلات فعال، میزان محصول منتقل شده در هر مسیر، مازاد و کمبود برای هر مشتری، ضایعات، زمان تولیدی و آماده سازی دستگاه ها در طول افق برنامه ریزی نوشته شده است. این مسائل به مسائل تولید-توزیع و تخصیص-مکان یابی تسهیلات معروف می باشند. با توجه به چند دوره ای و چند سطحی بودن مسئله، تعداد زیاد متغیر، پارامتر، محدودیت، وجود ظرفیت و مختلط-عدد صحیح بودن مدل، این نوع مسائل تولید و توزیع از نوع $NP-hard^1$ محسوب می-شود [۵] و [۸]. بنابراین بهتر است از روش های فراابتکاری برای حل این گونه مسائل استفاده شود. مقایسه نتایج حاصل از حل مدل با الگوریتم فراابتکاری ۲GA و Lingo نشان می دهد که lingo در ابعاد کوچک قادر به ارائه ی بهترین جواب، مناسب ترین الگوی تولیدی و شبکه ی توزیع فعال می باشد. اما با بالا رفتن ابعاد مسئله دیگر قادر به حل نبوده و زمان بسیار زیادی نیاز دارد، بنابراین در این مرحله از الوریتم GA استفاده شده که مقایسه نتایج آن با جواب بهینه Lingo در ابعاد کوچک انحراف تقریبی ۰/۴۰۷٪ را نشان می دهد بنابراین می توان نتایج آن را در ابعاد بالاتر با این انحراف مورد قبول دانست و بعنوان یک مسیر تولید و توزیع مناسب از آن استفاده کرد.

این تحقیق بصورت زیر سازماندهی شده است: بخش ۲ شامل بررسی تحقیقات انجام شده مرتبط با موضوع و مقایسه اجمالی

¹: Non-deterministic Polynominal-time hard

²: Genetic Algorithm

ارائه شده که در آن تغییر کاراکتر اصلی است. در واقع تغییر در محیط کاری باعث تغییر در نیاز مشتری و در نتیجه عدم اطمینان در تعیین پارامترها می شود که راه مقابله با آن، بالا بردن انعطاف زنجیره است. در انتها نیز یک رابطه بین زمان تدارکات، هزینه، کیفیت، سطح سرویس دهی و چابکی و نابی ارائه شده که در این تحقیق نیز از این رابطه استفاده خواهد شد.

با نگاهی به تحقیقات انجام شده در هر ۳ زمینه می توان دریافت که هدف اکثر تحقیقات انجام شده ارائه سیاستی در جهت کاهش هزینه در زنجیره است و کمتر به اهداف دیگر توجه شده است. بنابراین در این تحقیق سعی شده اهداف متفاوتی در غالب ناب-سازي فرایندها در کنار کاهش هزینه به عنوان هدف اصلی، مدنظر قرار گیرند.

۳. زنجیره تامین

بطور کلی زنجیره تامین شامل دو یا چند سازمان است که از نظر قانونی از هم جدا بوده و توسط جریان های مواد، مالی و اطلاعات به هم مرتبط می شوند. این سازمان ها می توانند تولیدکنندگان قطعات و اجزای تشکیل دهنده محصول، تولیدکننده محصول نهایی، فراهم آورندگان خدمات تهیه و توزیع و حتی مشتریان نهایی باشند. مدیریت زنجیره تامین نیز بر یکپارچه سازی فعالیت ها و جریان های اطلاعاتی مرتبط با آنها از طریق بهبود در روابط در جهت دستیابی به مزیت رقابتی مشتمل می شود. در طی فرآیندهای عمومی یک زنجیره، برنامه ریزی تولید و توزیع به دلیل تاثیرگذاری مستقیم بر روی هزینه، تجربه و رضایت مشتری، از عوامل اصلی سودآوری زنجیره به شمار می روند و اساس این تحقیق را نیز تشکیل می دهند. شاخص های هزینه، کیفیت، ظرفیت مطلوب، تحویل بموقع و انعطاف پذیری از مهمترین شاخص های ارزیابی عملکرد در بخش تولید و توزیع یک زنجیره می باشند بنابراین در بهینه سازی یک زنجیره باید به این مقوله ها توجه زیادی کرد و در جهت بهبود این شاخص ها گام برداشت.

۴. ناب سازی

ناب، رویکردی نظام مند برای شناسایی و حذف اتلاف از طریق بهبود مستمر و به جریان درآوردن محصول توسط مشتری برای رسیدن به کمال است [۲۶]. این فلسفه در پی کمال و بی نقص کردن سیستم های تولیدی است. اصول تولید ناب اهداف نامحدودی از جمله نزول پیوسته قیمت تمام شده، به صفر رساندن ضایعات، تنوع بی پایان محصولات. پایان آوردن زمان آماده سازی و در نهایت افزایش سطح رضایت مشتری را برای سیستم در نظر می گیرد. این شیوه تولید با بهره گیری از فلسفه

مسیر مناسب توزیع با درنظر داشتن محدودیت های پوششی، برآورده ساختن کل نیازهای زنجیره و سطح مناسبی از سرویس-دهی در مقاله [۱۶] عنوان شده است. در پژوهش [۱۷] از جایابی مناسب امکانات و تعداد حمل و نقل انجام گرفته بین آنها برای حداقل کردن هزینه کل زنجیره در حالت چند محصولی استفاده شده است. مطالعه ی [۱۸] نیز به مانند تحقیق قبلی چند محصول با تقاضاهای قطعی و یک نوع ماده اولیه با محدودیت بر روی تعداد حمل و نقل، امکانات قابل استفاده، نیازهای کلی و هدف مینیمم سازی هزینه را مورد بررسی قرار داده است. رسیدن به تعداد اقتصادی تولید، مسیرهای انتخابی مناسب برای توزیع، کانال های ارتباطی و برآورده کردن کل نیازها برای رسیدن به مینیمم هزینه در مقاله ی [۱۹] عنوان شده است. در پژوهش [۲۰] تعداد مناسب محصولات در بچ های تولیدی و انباشته های تحویلی مدنظر قرار گرفته، درواقع از یک مدل کنترل موجودی یکپارچه برای بدست آوردن مقدار سفارش اقتصادی مواد خام، محصول نهایی و مقدار تولید اقتصادی برای هر تولیدکننده به عنوان متغیرهای مسئله استفاده شده است. هزینه های سفارش محصول، سفارش ماده اولیه، نگهداری محصول و ماده اولیه، هزینه راه-اندازی تولید و نگهداری موجودی در خرده فروش همگی در این مدل مورد توجه قرار گرفته اند. اضافه شدن چند ماده اولیه به موضوع قبلی در پژوهش [۲۱] عنوان شده است.

توجه به هر ۳ بخش تامین، تولید و توزیع زنجیره نیز در مقالات متعددی دیده می شود، مانند مطالعه ی [۲۲] که حیطة ی موردنظر را با تنها یک محصول در یک دوره مورد بررسی قرار داده و با توجه به ظرفیت اجزای مختلف زنجیره و تعداد قابل استفاده از هر کدام از امکانات، هزینه کل را مینیمم کرده است. پژوهش [۲۳] تقاضای اتفاقی برای تک محصول را در چند پیرو با در نظر گرفتن سطح سرویس دهی مناسب و ظرفیت هریک از امکانات در جهت مینیمم سازی هزینه های زنجیره درنظر گرفته است. در تحقیق [۲۴] اتفاقی بودن تقاضاهای محصولات مختلف در چند دوره با چند ماده خام مورد بررسی قرار گرفته و در جهت ماکزیمم کردن سطح سرویس دهی زنجیره با داشتن محدودیت ظرفیت امکانات و تامین نیازهای کلی، جایابی مناسبی را برای امکانات توزیع، تخصیص هر کدام از آنها به مشتریان، تعداد محصولات تولیدی و حمل و نقل مشخص کرده است. به دلیل جامع بودن این موضوع اضافه کردن اهدافی مانند کاهش زمان، کیفیت و غیره به این تحقیق یکی از کارهای پیشنهادی برای آیندگان سفارش می-شود. برای اطلاع یافتن از نحوه ی تاثیرگذاری ناب بر روی زنجیره و پی بردن به روابط موجود بین آنها مدل استاندارد از زنجیره-تامین ناب، چابک، ناب چابک با رویکرد ANP^۱ در مقاله [۲۵]

¹ : Analytic Network Process

بهبود مستمر و فرهنگ کار تیمی سعی در تحلیل ائتلاف‌های موجود در فرایند تولید و حذف آنها دارد.

۵. زنجیره تامین ناب

ادغام دو مقوله ناب و زنجیره‌تامین گامی ارزشمند در جهت بی-رقیب شدن سازمان‌ها است. ناب‌سازی زنجیره در این تحقیق با انتخاب دو بخش تولید و توزیع به عنوان دو قسمت مهم و اساسی زنجیره آغاز شده و با شناسایی موداها و ارائه راهکار برای از حذف و چگونگی اعمال آنها در مدل دنبال می‌گردد. پس از بررسی یک زنجیره و شناخت موداها سرانجام مشخص شد که مودای تولید اضافی را باید با حداقل‌سازی مازاد تولید و کمبود محصول نهایی در انتهای زنجیره بعنوان معیار سنجش رضایت مشتری، حمل‌ونقل اضافی را با حداقل‌سازی هزینه حمل‌ونقل مرحله توزیع، تولیدقطعات معیوب را با بررسی در حین تولید و محاسبه ضایعات و مینیمم‌سازی آن، موجودی را ضمن اجتناب از داشتن موجودی نیمه‌ساخته، با مینیمم‌سازی در تمامی سطوح زنجیره، زمان انتظار را با کاهش زمان لیدتایم متشکل از زمان آماده‌سازی، تولید و توزیع کنترل کرد. دانستن مبنای مناسب ورود به یک عرصه رقابتی با نام توصیف‌کننده‌های بازار و برنده‌سازها برای برنده‌شدن واقعی در آن عرصه همیشه مورد نیاز است. با بررسی-های انجام شده مشخص گردید کیفیت، سطح سرویس‌دهی و زمان تحویل، توصیف‌کننده‌ها و هزینه برنده‌ساز عرصه‌ی زنجیره-ی ناب محسوب می‌شوند. نهایتاً با توجه به این دو مفهوم و مطالب بیان شده چهار هدف اصلی، برای ناب‌سازی زنجیره در نظر گرفته شده‌است. اولین و با اهمیت‌ترین هدف و آنچه باعث برتری سازمان نسبت به رقبا می‌شود کاهش هزینه می‌باشد، حداقل ضایعات، ماکزیمم سطح سرویس‌دهی و حداقل زمان تحویل و آماده‌سازی نیز بعنوان مبنای مناسب برای ورود به عرصه رقابت بعد از کاهش هزینه انتخاب شده‌اند.

۶. تعریف مسئله

در این تحقیق یک کارخانه‌ی تولیدی با تولید یک نوع محصول و با همکاری چندین عمده‌فروش و خرده‌فروش با هم در تلاشند تا در یک سیستم VMI^1 محصول مورد نظر را برای مشتریان در انتهای زنجیره فراهم کنند. محصولات پس از تولید توسط کارخانه موردنظر با کانال‌های مستقیم و غیر مستقیم توزیع شده و سپس در اختیار مشتری در انتهای زنجیره قرار می‌گیرند. فعال بودن مراکز توزیع در هر دوره بر اساس محدودیت‌های توزیع، هزینه‌های فعال شدن آنها، ظرفیت‌های انبارها و تقاضاهای مشتریان مشخص می‌شوند. تعداد مشتریان، میزان درخواست آنها در هر دوره، تعداد

دقایق کاری کارخانه در هر دوره، میانگین زمان تولید محصول، ظرفیت‌های تحویل و انبارهای مختلف، هزینه‌های فعال شدن هر مرکز توزیع در هر دوره و غیره از قبل تعیین شده و مشتریان نیز، نیاز خود را فقط از یک خرده‌فروش دریافت می‌کنند. تنظیمات و آماده‌سازی دستگاه‌ها در اول هر دوره انجام می‌گیرد و به دلیل تک نوع بودن محصول نیازی به تنظیم دوباره نیست بنابراین زمان آماده‌سازی و هزینه‌های آن فقط یک بار در هر دوره در نظر گرفته شده‌اند. ۲ انبار در کارخانه یکی مواد اولیه و دیگری محصول نهایی وجود دارد. ضایعات نیز بر حسب مواد اولیه بیان شده و دوباره کاری بر روی آنها انجام نمی‌شود. عملیات توزیع نیز با دو نوع ماشین با ظرفیت و هزینه مشخص انجام می‌گیرد. بدلیل مشخص بودن سرعت ماشین و مسیر بین کارخانه و تمامی عمده‌فروشان و خرده‌فروشان زمان حمل بار در یک مسیر خاص مشخص است. ماشین‌های حمل در اینجا دو نوع می‌باشند، بر روی ظرفیت انبارهای محصول و ماده اولیه‌ی کارخانه، ظرفیت تحویل و انبارهای محصول عمده‌فروشان و خرده‌فروشان، تعداد محصول تولیدی در هر دوره، دقایق مربوط به توزیع و غیره محدودیت وجود دارد. هیچ موجودی در ابتدا و انتهای افق برنامه-ریزی در انبارها وجود ندارد و همه‌ی سفارشات باید چه دیرتر و چه زودتر از زمان مقرر اما در طول افق برنامه‌ریزی برآورده شوند. سفارشات داده شده به خرده‌فروشان کاملاً قطعی است و کالاها در انبارها ذخیره شده و براساس سیستم $FIFO^2$ فرستاده می‌شوند.

نمادها:

q : شاخص عمده‌فروش، z : شاخص خرده‌فروش، i : شاخص مشتری، t : شاخص زمان، k : شاخص ماده‌خام، m : شاخص دستگاه

متغیرها:

W_{qt} : ۱ اگر عمده‌فروش q در پریود t باز شود، ۰ در غیر این صورت، Re_{jt} : ۱ اگر خرده‌فروش z در پریود t باز شود و ۰ در غیر این صورت، Y_{qjt} : ۱ اگر خرده‌فروش z محصول مورد نیاز خود را از عمده‌فروش q در پریود t تامین کند و ۰ در غیر این صورت، Z_{jit} : ۱ اگر خرده‌فروش z محصول مورد نیاز خود را از کارخانه تولیدی در پریود t تامین کند و ۰ در غیر این صورت، X_{jit} : ۱ اگر مشتری i محصول مورد نیاز خود را از خرده‌فروش z در پریود t تامین کند و ۰ در غیر این صورت، A_{qt} : محصول حمل‌شده از کارخانه به عمده‌فروش q در پریود t ، B_{jt} : محصول حمل‌شده از کارخانه به خرده‌فروش z در پریود t ، C_{qjt} : محصول حمل‌شده از عمده‌فروش q به خرده‌فروش z در پریود t ، D_{jit} : محصول حمل‌شده از خرده-فروش z به مشتری i در پریود t ، E_{kt} : تعداد ماده خام k خریداری

²: (FIFO) First Input First Output

¹: Vendor Managed Inventory

شده برای آماده سازی دستگاهها در یک دوره از کل زمان در دسترس در رابطه (۲۹) آورده شده، در نظر گرفتن یک حد پایین برای زمان آماده سازی دستگاهها نیز در رابطه (۳۰) نشان داده شده است. زمانهای صرف شده برای انتقال محصولات از کارخانه به عمده فروشان و خرده فروشان و وجود این محدودیت بر روی عمده فروشیها نیز در محدودیتهای (۳۲) و (۳۳) مشخص است. مجموع زمانهای توزیع مابین کارخانه با عمده فروشیها و خرده فروشیها، زمان توزیع مربوط به کارخانه را در یک دوره بوسیله محدودیتهای (۳۴) و (۳۵) مشخص می کنند. رابطه (۳۶) نشان دهنده میزان ضایعات تولیدی می باشد. دو محدودیت آخر نیز نوع متغیرها را نشان می دهد.

مقداردهی به پارامترها برای امکانپذیر بودن مسئله:

در این گونه مسائل برای امکانپذیر بودن، باید رابطه‌ی بین بعضی پارامترها رعایت شود، به بیانی دیگر باید محدودیت‌هایی برای تعیین مقادیر پارامترها در نظر گرفته شود. مانند برقراری رابطه بین تعداد کل تقاضا و زمانهای در دسترس کارخانه برای تولید در طول افق برنامه ریزی و غیره، که به دلیل محدودیت صفحات بیان این محدودیتها مقدور نمی باشد. جدول (۱) نیز محدودده‌های در نظر گرفته شده برای برخی از پارامترهای مسئله را بیان می دارد که در واقع سعی شده این محدوددهها بر اساس مطالعات قبلی و دنیای واقعیت انتخاب شوند.

جدول ۱: محدوددهی در نظر گرفته شده برای پارامترهای

پارامتر	محدوده	مسئله
Tu _t زمان در دسترس	[۲۸۸۰-۳۳۶۰]	
Mp میانگین زمان تولید محصول	۱/۲	
Dn _{it} تقاضای هر مشتری	[۵۰-۱۰۰]	
Qp _i ظرفیت انبار کارخانه	[۵۰۰-۱۰۰۰]	
Qu _k ضریب استفاده مواد خام	[۱-۳]	
Qd _{q_t} ظرفیت تحویل عمده فروش	[۱۲۰۰-۱۸۰۰]	
Qd _{j_i} ظرفیت تحویل خرده فروش	[۴۰۰-۶۰۰]	
Qq _{q_t} ظرفیت انبار عمده فروش	[۱۵۰-۳۰۰]	
Qj _i ظرفیت انبار خرده فروش	[۵۰-۱۰۰]	
Qi _{it} حد بالای فروش مازاد به مشتری	[۵-۱۵]	
Cp هزینه تولید محصول	۵۰۰	
Co _m هزینه کار اپراتور (دقیقه)	[۲۲-۵۵]	
Coa _m هزینه اپراتور برای آماده سازی	[۱۷-۴۰]	
Cu _m هزینه استفاده از دستگاه (دقیقه)	[۱۷-۳۵]	

شده در پیرو Ca_{mt} : زمان آماده سازی دستگاه m در پیرو t N_t : میزان محصول تولیدی در دوره t $U1_t$: زمان توزیع با ماشین حمل نوع ۱ در زنجیره در دوره t $U2_t$: زمان توزیع با ماشین حمل نوع ۲ در زنجیره در دوره t Wa_{kt} : مقدار ضایعات از ماده‌ی خام k در دوره t Ini_{it} : میزان محصول برآورده نشده برای مشتری i در دوره t Ipi_{it} : مازاد محصول داده شده به مشتری i در دوره t Tum_t : مدت زمان مشغول بودن سیستم در دوره t . تابع هدف مسئله، حداقل کردن هزینه در کل افق برنامه ریزی، شامل هزینه‌های تولید محصول، خرید مواد اولیه، ضایعات، موجودی مواد خام و غیره در نظر گرفته شده است. بنابراین با در نظر گرفتن هزینه‌ای (جریمه) برای ضایعات، زمان انجام سفارش، مازاد و کمبود محصول برای مشتری، نیاز به این سه هدف از بین رفته و با داشتن تنها معادله (۱)، بر چهار هدف اصلی تفکر ناب تاکید شده و مسئله نیز از حالت چندهدفه به تک هدفه تبدیل شده است.

رابطه‌ی (۲) نشان می دهد که مشتری i از خرده فروش z در صورتی خریداری می کند که این خرده فروش باز باشد. این محدودیت بین عمده فروش q و خرده فروش z بین کارخانه‌ی تولیدی و خرده فروش z و همچنین کارخانه‌ی تولیدی و عمده فروش q و باز بودن هر کدام از آنها در محدودیت‌های (۳) الی (۵) آورده شده است. انتقال محصول از کارخانه به خرده فروش z بین عمده فروش q و خرده فروش z و همچنین بین خرده فروش z و مشتری i در هر دوره به شرط برقراری رابطه آنها در محدودیت‌های (۶) الی (۹) نشان داده شده، رجوع هر مشتری تنها به یک خرده فروش در رابطه (۱۰) بیان شده، رابطه‌ی (۱۱) در واقع نشان دهنده میزان مازاد و کمبود محصول برای مشتری در هر دوره است. برآورده شدن کل تقاضای یک مشتری در طول افق برنامه ریزی در رابطه (۱۲) آورده شده. حد بالای میزان کمبود و مازاد محصول داده شده به هر مشتری در هر دوره و مقدار گرفتن فقط یکی از این دو حالت در رابطه‌های (۱۳) الی (۱۵) مشخص است. محدودیت‌های (۱۶) الی (۱۸) نشان دهنده وجود ظرفیت تحویل، روابط مربوط به رعایت آن در طول افق برنامه ریزی برای هر خرده فروش است. تمامی این محدودیتها برای عمده فروشان نیز در روابط (۱۹) الی (۲۲) آورده شده است. حد بالای تعداد محصولات تولیدی تا دوره‌ی مورد بررسی در محدودیت (۲۳) نشان داده شده، توجه به ظرفیت انبار کارخانه و توان آنجا برای خرید هر یک از مواد اولیه در رابطه‌های (۲۴) و (۲۵) آورده شده است. عدم کمبود محصول نهایی و توجه به ظرفیت انبار برای محصول نهایی در محدودیت‌های (۲۶) و (۲۷) مشخص است. رابطه (۲۸) زمان مشغول بودن سیستم را در یک دوره نشان می دهد. کمتر بودن مجموع زمان مشغول بودن سیستم و زمان صرف

جدول زیر ابعاد مورد نظر برای مسئله را شامل می شود.

جدول ۲. ابعاد در نظر گرفته شده در این تحقیق

دوره	دستگاه	ماده اولیه	مشتري	خرده فروش	عمده فروش	ابعاد
۱	۱	۱	۱۰	۳	۱	کوچک
۲	۱	۱	۱۳	۴	۱	
۲	۱	۱	۱۵	۵	۲	
۳	۲	۲	۲۰	۶	۲	بزرگ
۴	۲	۲	۲۵	۷	۳	
۴	۲	۲	۳۰	۹	۵	

Qk_{kt} ظرفیت انبار ماده خام، Gk_{kt} قدرت خرید مواد اولیه، Cw_{kt} و Cr_k هزینه خرید و ضایع شدن ماده اولیه، hq_q ، hs_t ، hk_k ، hj_j هزینه نگهداری در انبار کارخانه، عمده فروش، خرده فروش و مواد اولیه، hi_i ، Si_i هزینه کمبود و مازاد برای هر مشتری، $Mini_{it}$ حداکثر کمبود، $Mtqq$ ، $Mtst$ زمان توزیع برای کارخانه و عمده فروش، $Tsjj$ ، $Tqjq$ ، $Tsqq$ زمانی کارخانه با عمده فروش، عمده فروش با خرده فروش و کارخانه با خرده فروش، $Hcamt$ حداقل زمان آماده سازی، Pom ، Pmm ، Pek احتمال سالم بودن مواد اولیه، بهره وری دستگاه، توانایی اپراتور و $Qv1$ ، $Qv2$ ظرفیت حمل و $Cv1$ ، $Cv2$ هزینه حمل ماشین نوع ۱ و ۲ و Fc_{ij} ، Fq_{qj} هزینه احداث عمده فروش q و خرده فروش j می باشند.

$$\begin{aligned}
 \text{Min} Z_t = & \sum_i (Cp_i * N_{it} + \sum_m (Tum_{it} * (Cu_m + Co_m) + Ca_{mt} * Co_{am}) + U1_{it} * Cv1 + U2_{it} * Cv2 + \sum_k (Z_{kt} * Cr_k + Cw_{kt} * Wa_{kt}) \\
 & + \sum_q Fq_{qj} * W_{qj} + \sum_j Fc_{ij} * R_{ij} + \sum_i (Inl_{it} * Si_i + Ipl_{it} * hi_i)) \\
 & + \sum_i \sum_k hk_k * (\sum_{t=1}^T Z_{kt} - \sum_{t=1}^T N_{it} * P_{ik} * Qu_k * 1/c(\prod_{h=1}^M Fm_h * Po_m)) \\
 & + \sum_{t=1}^T hs_t * (\sum_{t=1}^T N_{it} - \sum_{t=1}^T \sum_{q=1}^Q A_{qt} - \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J B_{jt}) \\
 & + \sum_{t=1}^T \sum_q hq_q * (\sum_{t=1}^T A_{qt} - \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J C_{qj}) \\
 & + \sum_{t=1}^T \sum_j hj_j * (\sum_{t=1}^T B_{jt} + \sum_{t=1}^T \sum_{q=1}^Q C_{qj} - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I D_{it})
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\sum_{t=1}^T D_{it} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J D_{jt} \quad \forall i \tag{12} \quad X_{jt} \leq R_{jt} \quad \forall t, j \tag{2}$$

$$Inl_{it} \leq Minl_{it} \quad \forall t \neq T, i \tag{13} \quad Y_{qj} \leq R_{qj} \quad \forall t, j, q \tag{3}$$

$$Ipl_{it} \leq Ql_{it} \quad \forall t \neq T, i \tag{14} \quad Y_{qj} \leq W_{qj} \quad \forall t, q, j \tag{4}$$

$$Inl_{it} * Ipl_{it} = 0 \quad \forall t \neq T, i \tag{15} \quad Z_{jt} \leq R_{jt} \quad \forall t, j \tag{5}$$

$$\sum_{t=1}^T B_{jt} + \sum_{t=1}^T \sum_{q=1}^Q C_{qj} \geq \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I D_{it} \quad \forall t, j, q \tag{16} \quad A_{qt} \leq O * W_{qt} \quad \forall t, q \tag{6}$$

$$\sum_{t=1}^T B_{jt} + \sum_{t=1}^T \sum_{q=1}^Q C_{qj} \leq Q_{jt} \quad \forall t, j, i \tag{17} \quad B_{jt} \leq O * Z_{jt} \quad \forall t, j \tag{7}$$

$$\sum_{t=1}^T B_{jt} + \sum_{t=1}^T \sum_{q=1}^Q C_{qj} = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I D_{it} \quad \forall t, j, i \tag{18} \quad C_{qj} \leq O * Y_{qj} \quad \forall t, q, j \tag{8}$$

$$A_{qt} \leq Qd_{qt} \quad \forall t, q \tag{19} \quad D_{jt} \leq O * X_{jt} \quad \forall t, j, i \tag{9}$$

$$\sum_{j=1}^J X_{jt} = 1 \quad \forall t, i \tag{10}$$

$$\sum_{t=1}^T D_{it} - \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J D_{jt} = Inl_{it} \quad \forall t \neq T, i \tag{11}$$

عدد صحیح $U1_t, U2_t, Tum_t$

Yq, j, k, m

۷. حل مسئله با Lingo و GA

در این بخش به حل مسئله با ۲ روش متفاوت پرداخته شده، ابتدا الگوریتمی برای تعیین تصادفی پارامترهای مسئله بر طبق محدوده‌ها و شروط مشخص شده، به زبان *c-sharp* و در محیط *Microsoft Visual Studio Solution* در یک کامپیوتر شخصی با 2.66 GHz نوشته شده و سپس مدل با دو روش زیر حل شده- است.

۷-۱. Lingo

مسئله در بعد اول دارای ۱۰۵ متغیر و ۱۳۲ محدودیت می‌باشد و نرم افزار Lingo در زمان ۰.۰۱ ثانیه، جواب بهینه قطعی ۱۲۳۳۹۹۰ واحد پول را به ما می‌دهد. در واقع این روش حل بر اساس نتایج حاصله نشان می‌دهد که برای رسیدن به جوابی بهینه در یک دوره و بر اساس این پارامترها باید ۱۳۳۶ ماده اولیه خریداری شده و در زمان تولیدی و آماده‌سازی ۳۱۱ و ۱۰۸ دقیقه، تعداد ۶۲۲ محصول تولید گردد و خرده‌فروش ۳۰۱ به ترتیب با ۵۱۱ و ۳۱۱ عدد محصول دریافتی از کارخانه فعال گردند و به تقاضای مشتریان به اندازه‌ی مورد نظر پاسخگو باشند. نتایج بدست آمده در ابعاد بزرگتر نیز در جدول (۳) آورده شده- است.

۷-۲. الگوریتم ژنتیک

در این تحقیق از روش *GA* بدلیل کارآمد بودن در تحقیقات و بررسی‌های مشابه گذشته برای مسائل *NP-hard* بعنوان راه‌حل فراابتکاری استفاده شده و تمامی نتایج حاصله از آن در جدولی با نتایج بدست آمده از نرم افزار *Lingo* مقایسه شده‌اند.

کروموزوم انتخابی:

پس از بررسی کامل مدل ارائه شده، رابطه‌ی بین متغیرها، درجه بندی اهمیت آنها و اینکه بتوان با انتخاب کمترین متغیر در کروموزوم، تمامی مدل، متغیرها، تابع هدف و محدودیت‌ها را پوشش داد در نهایت کروموزومی شامل متغیرهای $A_{qt}, B_{jt}, C_{qjt}, D_{jit}$ انتخاب گردید.

تولید اولین جمعیت:

کروموزوم قابل قبول کروموزومی است که مقادیر متغیرهای درون آن (ژن‌ها) و متغیرهای وابسته به ژن‌های آن در تمامی

$$\sum_{q=1}^Q A_{qt} \geq \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J C_{qjt} \quad \forall t \in T, q \quad (20)$$

$$\sum_{q=1}^Q A_{qt} - \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J C_{qjt} \leq Qq_{qt} \quad \forall t \in T, q \quad (21)$$

$$\sum_{q=1}^Q A_{qt} = \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J C_{qjt} \quad \forall q \quad (22)$$

$$\sum_{k=1}^K B_{kt} \leq Qk_{kt} + Pk_{kt} + \prod_{m=1}^M Pm_{kt} + Pk_{kt} \geq \sum_{q=1}^Q N_{qt} \quad \forall t, k \quad (23)$$

$$\sum_{k=1}^K B_{kt} - \sum_{q=1}^Q N_{qt} + Pk_{kt} + Qk_{kt} \leq 1 / \left(\prod_{m=1}^M Pm_{kt} + Pk_{kt} \right) \leq Qk_{kt} \quad \forall t, k \quad (24)$$

$$B_{kt} \leq Gk_{kt} \quad \forall t, k \quad (25)$$

$$\sum_{q=1}^Q N_{qt} \geq \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J A_{qt} + \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J B_{jt} \quad (26)$$

$$\sum_{q=1}^Q N_{qt} - \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J A_{qt} - \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J B_{jt} \leq Qp_{qt} \quad \forall t \in T \quad (27)$$

$$N_{qt} + Np_{qt} = Tum_{qt} \quad \forall t \quad (28)$$

$$Tum_{qt} - \sum_{m=1}^M C_{qmt} \leq Tq_{qt} \quad \forall t \quad (29)$$

$$H_{qmt} \leq C_{qmt} \quad \forall t, m \quad (30)$$

$$W_{qjt} + T_{sqj} \leq M_{tsj} \quad \forall t, q \quad (31)$$

$$B_{jt} + T_{s|j} \leq M_{tsj} \quad \forall t, j \quad (32)$$

$$Y_{qjt} + T_{q|j} \leq M_{tsj} \quad \forall t, q, j \quad (33)$$

$$\sum_{q=1}^Q \left(\left(\frac{A_{qt}}{QV1} \right) + 1 \right) * T_{sqj} + \sum_{j=1}^J \left(\left(\frac{B_{jt}}{QV1} \right) + 1 \right) * T_{s|j} - U1_t \quad \forall t \quad (34)$$

$$\sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J \left(\left(\frac{C_{qjt}}{QV2} \right) + 1 \right) * T_{q|j} = U2_t \quad \forall t \quad (35)$$

$$N_{qt} + (Qk_{kt} + Pk_{kt} + \prod_{m=1}^M (Pm_{kt} + Pk_{kt})) - N_{qt} + Qk_{kt} \leq W_{qkt} \quad \forall t, k \quad (36)$$

$$X_{jt}, Y_{qt}, W_{qj}, Z_{jt}, R_{jt} = \{L, Q\} \quad \forall q, j, t \quad (37)$$

$$A_{qt}, B_{jt}, C_{qjt}, D_{jit}, E_{kt}, F_{jt}, G_{jt}, H_{kt}, I_{jt}, J_{jt}, K_{jt}, L_{jt}, M_{jt}, N_{jt}, O_{jt} \quad (38)$$

شده است. در واقع با انتخاب چنین الگویی همگرا شدن جواب مسئله مورد تأیید قرار می‌گیرد.

در این قسمت پس از مشخص شدن تمامی گام‌های مورد نیاز الگوریتم، ابعاد مختلف مسئله توسط برنامه‌ی نوشته شده در محیط *Microsoft visual studio* در یک کامپیوتر شخصی با 2.66 GHz حل شده و نتایج آن همراه با نتایج بدست آمده از نرم افزار *Lingo* در جدول (۳) آورده شده است.

۸. نتایج

۱. در دنیای صنعتی امروز باید توانست در هر لحظه تمامی جوانب کاری که انجام می‌شود را در نظر گرفت و درصدد کاهش و حذف هر فرآیند اضافی از مرحله تهیه مواد اولیه تا تولید و نهایتاً فروش بود، بنابراین زنجیره‌تامین ناب و مدیریت آن گامی عالی برای هماهنگ کردن تمامی این جوانب، حذف اتلاف‌ها و رفتن به چندین گام جلوتر از رقبا بشمار می‌آید.

۲. در این تحقیق پس از شناسایی معایب موجود در دو قسمت تولید و توزیع بعنوان مهمترین بخش‌های زنجیره، راهکارهایی جهت مقابله با آنها پیشنهاد گردید. سپس مدلی ریاضی برای به تصویر کشیدن فرایند ناب‌سازی تولید و توزیع زنجیره بیان شد. اهداف و محدودیت‌های در نظر گرفته شده بر اساس مطالعات در این زمینه، کمی و کاستی‌های موجود در آنها، تفکر ناب، مودهای شناسایی شده و تاثیر زیاد حذف آنها بر بالا بردن شاخص‌های عملکرد زنجیره و دو مقوله‌ی توصیف‌کنندگان و برندگان بازار انتخاب شدند.

۳. به دلیل NP-hard بودن مسئله در ابعاد بزرگ و با ارجاع به روش‌های حل مطالعات مشابه، الگوریتم فرایتنکاری GA برای حل مسئله در کنار نرم افزار *Lingo* استفاده شد که با توجه به نتایج بدست آمده در جدول (۳) می‌توان گفت که نرم افزار *lingo* در ابعاد کوچک قادر به ارائه جواب بهینه با صرف زمان مناسب می‌باشد. مثلاً در بعد اول و دوم به ترتیب با زمان‌های ۹ و ۲۲ ثانیه به جواب بهینه دست پیدا کرده، اما زمان حل آن در بعد سوم بسیار زیاد شده و به ۸۴۴۰ ثانیه رسیده که از نظر زمانی در این بعد قابل قبول نیست، بنابراین در این مرحله از الگوریتم GA استفاده شده که با توجه زمان‌های درج شده در جدول زیر برای بعد اول و دوم بدون صرف زمان قابل محسوسی به نتیجه‌ای با انحراف ۴/۰۷٪ نسبت به جواب بهینه *lingo* رسیده است. زمان‌های صرف شده توسط این الگوریتم برتری کامل آن را بر *lingo* از نظر زمانی نشان می‌دهد که با توجه به مقدار انحراف جواب‌های آن در ابعاد کوچک نسبت به جواب بهینه می‌توان به نتایج آن در ابعاد بالا نیز اطمینان کرد و از آن بعنوان یک راه‌حل مناسب برای

محدودیت‌های تعریف شده برای مسئله صدق کنند. در این تحقیق اولین جمعیت با تعداد ۲۰ کروموزوم قابل قبول تولید می‌گردد و بعد از آن مابقی مراحل انجام می‌شود.

تابع برازندگی (Evaluation Function):

برای تابع برازندگی الگوریتم با توجه به تعریف آن، معکوس تابع هدف مدل (مینیمم سازی هزینه کلی) در نظر گرفته شده، یعنی با حرکت بسوی ماکزیمم برازندگی در واقع به سمت مینیمم هدف اصلی حرکت می‌شود.

اپراتور تقاطع (Crossover):

در این تحقیق از بین ۲۰ عضو جمعیت، بر اساس روش برگزیده شده برای انتخاب ۲ کروموزوم با بیشترین برازندگی به عنوان فرزندان نخبه انتخاب شده و مستقیماً به نسل بعد انتقال می‌یابند و سپس بین ۱۸ کروموزوم باقی مانده عملیات تقاطع انجام می‌شود به این صورت که درواقع ۹ جفت کروموزوم در نظر گرفته می‌شود و احتمال انتخاب هر یک از این جفت کروموزوم‌ها برای عملیات تقاطع بر اساس مقدار برازندگی آنها می‌باشد.

پراتور جهش (Mutation):

بعد از تقاطع، هر والدینی ممکن است با نرخ جهش مشخص شده جهیده شود. یک عدد تصادفی $\{0,1\}$ تولید شده، اگر این عدد کوچکتر و مساوی نرخ جهش بود، ژن متناظر جهیده می‌شود. در این مقاله از جهش یکنواخت با نرخ ۰.۱ استفاده شده است.

انتخاب (Selection):

در این پژوهش ساده‌ترین و در عین حال پرکاربردترین روش انتخاب یعنی روش چرخ رولت استفاده شده که احتمال انتخاب یا بقای متناظر با هر کروموزوم، را بر اساس مقدار برازندگی آن محاسبه می‌کند. درواقع احتمال انتخاب یک فرد از جمعیت کاملاً تابعی از برازندگی او می‌باشد. ، روش تولید عدد تصادفی با چرخ رولت یک روش کاملاً احتمالی است، بنابراین به عقیده‌ی بسیاری از محققین پرکاربردترین روش انتخاب می‌باشد. در این تحقیق طبق آنچه قبلاً نیز بیان شده، ابتدا ۲ فرزند نخبه توسط عملیات انتخاب برای نسل بعد برگزیده می‌شود و سپس در بین ۹ جفت باقی مانده بر اساس برازندگی نسبت داده شده به کروموزوم‌ها عملیات تقاطع انجام می‌گیرد.

معیار توقف (Stopping Criteria):

در این تحقیق شرط خاتمه، کمتر از ۱ شدن تفاوت ماکزیمم و میانگین برآزش کروموزوم‌ها در ۳۰ نسل متوالی در نظر گرفته

پایه سازی این مدل در صنعت بتوان تاثیر خوبی بر شاخص های عملکرد یک زنجیره را شاهد بود و سطوح کیفیتی و رضایت مشتری را تا حد زیادی بهبود بخشید و چندین گام جلوتر از رقبای خود قرار گرفت.

نشان دادن الگوی ایده آل تولیدی و شبکه‌ی توزیع مطلوب با تسهیلات مشخص فعال استفاده کرد.

۴. بنظر می‌رسد به دلیل توجه به چندین هدف مهم بطور همزمان و درنظر گرفتن بسیاری از جوانب و محدودیت‌های واقعی، با

جدول ۳. نتایج بدست آمده از حل مدل توسط Lingo و GA

بعد مسئله	تست مسئله	زمان Lingo	زمان GA	جواب Lingo	جواب GA	درصد error (درصد تفاوت GA در مقایسه با جواب بهینه LINGO)
	۱	۷	۰	۱۵۰۶۱۴۰	۱۵۳۵۱۴۰	٪۱/۹
۱-۱-۱-۱-۱-۱	۲	۱۴	۰	۱۴۶۶۵۷۰	۱۴۸۸۳۲۱	٪۱/۵
	۳	۶	۰	۱۳۶۶۸۰۰	۱۳۸۸۸۳۵	٪۱/۶
	۱	۱۰	۰	۳۴۰۲۱۳۹	۳۶۷۰۱۵۵	٪۷/۸
	۲	۱۹	۰	۳۵۸۹۴۶۰	۳۶۹۹۴۴۹	٪۳
۱-۱-۱-۱-۱-۲	۳	۲۸	۰	۳۸۷۷۸۴۰	۴۱۸۳۰۸۲	٪۷/۹
	۱	۸۴۴۰	۲۵	۵۲۶۱۳۹۰	۵۵۱۵۰۴۰	٪۴/۸
۲-۵-۱۵-۱-۱-۲	۲	-	۰	-	۴۵۹۱۱۹۶	-
	۳	-	۱	-	۵۱۶۱۷۱۰	-
	۱	-	۵۴	-	۱۹۹۳۳۵۷۴	-
	۲	-	۲۰۵	-	۱۷۰۸۸۵۳۹	-
۲-۲-۲۰-۲-۲-۳	۳	-	۱۳	-	۱۹۰۸۷۲۰۶	-
	۱	-	۷۷۴	-	۲۹۹۹۴۷۴۵	-
۲-۲-۲۵-۲-۲-۴	۲	-	۱۴۰۸	-	۲۷۱۴۹۵۰۶	-
	۳	-	۴۶۸	-	۳۰۳۹۹۵۵۰	-
	۱	-	۴۳۸۰	-	۳۹۰۵۲۸۸۳	-
۵-۹-۳۰-۲-۲-۴	۲	-	۵۳۸۱	-	۴۰۸۱۳۵۹۲	-
	۳	-	۳۹۶۳	-	۳۸۵۲۲۷۴۵	-

دانشگاه امیرکبیر سال ۱۳۸۶.

مراجع

- [۱] اکبری جوکار م.، "اصول و مبانی مدیریت زنجیره تامین"، تالیف میثائیل هوگس، مترجم محسن شیخ سجادیه، نشریه آگاه، مرداد ۸۷.
- [۲] صادق مقدم م.، مومنی م. و سروش نالچگیر، "برنامه ریزی یکپارچه‌ی تامین، تولید و توزیع زنجیره‌تأمین با یکبارگیری الگوریتم ژنتیک"، نشریه مدیریت صنعتی، دوره ۱، شماره ۲، بهار و تابستان ۱۳۸۸، صفحه ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۸.
- [۳] محمد شیخ زاده، "تولید ناب از قرون تولید دستی تا عصر تولید ناب"، اردیبهشت ۸۵.
- [۴] محمدرضا اسمعیلی گیوی، "کارکردها و مؤلفه‌های بنیادین تولید ناب"، انتشارات تدبیر، بهار ۸۴.
- [۵] نمازی اکبر، "توسعه و حل مدل طراحی شبکه توزیع در زنجیره‌تأمین چندسطحی"، پایان نامه کارشناسی ارشد،
- [۶] سجاد اسمعیل‌لو، نشریه صنعت خودرو نسخه شماره ۱۱۷، ۱۳۸۷.
- [7] Ali. A. "Designing a Distribution Network in a Supply Chain System: Formulation and Efficient Solution Procedure". European Journal of Operational Research, 171, 2006, pp. 567-576.
- [8] Fulya, A., Mitsuo, G., Lin, L, Ismail, K., "A Steady-State Genetic Algorithm for Multi-Product Supply Chain Network Design". Computers & Industrial Engineering, 56, 2009, pp. 521-537.
- [9] Jawahar, N., Balaji, A. N., "A Genetic Algorithm for the Two-Stage Supply Chain Distribution Problem Associated with a Fixed Charge". European Journal of Operational Research 194, 2009, pp. 496-537.

- [22] Chen, C., Lee, W., "Multi-Objective Optimization of Multiechelon Supply Chain Networks with Uncertain Product Demands and Prices", Computers & Chemical Engineering 28, 2004, pp.1131–1144.
- [23] Syarif, N., Yun, Y., Gen, M., "Study on Multi-Stage Logistic Chain Network a Spanning Tree-Based Genetic Algorithm Approach", Computers & Industrial Engineering 43, 2002, pp.299–314.
- [24] Alptekinoglu, A., Tang, C. S., "A Model for Analyzing Multichannel Distribution Systems", European Journal of Operational Research, 163 (3), 2005, pp. 802–824.
- [25] Sabri, E.H., Beamon B.N., "A Multi-Objective Approach to Simultaneous Strategic and Operational Planning in Supply Chain Design", Omega 28, 2000, pp.581–598.
- [26] Ashish, A., Ravi, Sh., Tiwari, M. K., "Modeling the Metrics of Lean, Agile and Leagile Supply Chain: An ANP-Based Approach", European Journal of Operational Research 173, 2006, pp. 211–225.
- [10] Dasci, A., Verter, V., "A Continuous Model for Production– Distribution System Design", European Journal of Operational Research 129, 2001, pp. 287–298.
- [11] Chan, F.T.S., Chung, S.H., Wadhwa, S., "A Hybrid Genetic Algorithm for Production and Distribution", Omega 33 (4), 2005, pp. 345–355.
- [12] Wang, W., Fung, R. Y. K., Chai, Y., "Approach of just-In-Time Distribution Requirements Planning for Supply Chain Management", International Journal of Production Economics 91, 2003, pp. 101–107.
- [13] Korpela, J., Lehmusvaara, A., "A Customer Oriented Approach to Warehouse Network Evaluation and Design", International Journal of Production Economics 59, 1999, pp. 135–146.
- [14] Chan, Y., Carter, W.B., Burnes, M.D., "A Multiple-Depot, Multiple-Vehicle, Location-Routing Problem with Stochastically Processed Demands", Computers & Operations Research 28, 2001, pp. 803–826.
- [15] Wei, W., Richard, Y.K.F., Yueting, C., "Approach of just-in-Time Distribution Requirements Planning for Supply Chain Management", International Journal of Production Economics 91, 2004, pp. 101–107.
- [16] Melachrinoudis, E., Messac, A., Min, H., "Consolidating a Warehouse Network: A Physical Programming Approach". International Journal of Production Economics 97, 2005, pp. 1–17.
- [17] Hwang, H.S., "Design of Supply-Chain Logistics System Considering Service Level", Computers & Industrial Engineering 43, 2002, pp. 283–297.
- [18] Syam, S.S., "A Model and Methodologies for the Location Problem with Logistical Components", Computers & Operations Research 29, 2002, pp. 1173–1193.
- [19] Jayaraman, V., Ross, A., "A Simulated Annealing Methodology to Distribution Network Design and Management", European Journal of Operational Research 144, 2003, pp. 629–645.
- [20] Mokashi, S.D., Kokossis, A.C., "Application of Dispersion Algorithms to Supply Chain Optimization", Computers & Chemical Engineering 27, 2003, pp.927–949..
- [21] Lee, W., "A Joint Economic Lot Size Model for raw Material Ordering, Manufacturing Setup, and Finished Goods Delivering", Omega, 33, 2005, pp.163-174.