پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره 3، شماره 1، بهار 1397

ارائه رویکرد تلفیقی تصمیم‌گیری چندشاخصه و چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کننده و مونتاژگر در زنجیره تأمین

نادیا رسولی[1]، فاطمه مرندی[2]، نسیم نهاوندی[3*]

1- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
2- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
3- دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: 1396/1/20 پذیرش: 1396/7/17

چکیده

کمینه کردن هزینه و دستیابی به بیشینه سطح کیفیت محصول، ازجمله عوامل کلیدی در موفقیت زنجیره تأمین است. شبکه زنجیره تأمین با چهار سطح (چند تأمین‌کننده، چند مونتاژگر میانی، یک مونتاژگر نهایی و یک خرده‌فروش) و با تولید تک‌محصولی متشکل از 4 جزء در نظر گرفته شده است. در این تحقیق علاوه بر انتخاب تأمین‌کننده که در اکثر مقالات انجام‌شده، انتخاب مونتاژگر و انبار جهت ذخیره‌سازی محصولات نهایی نیز انجام می‌گیرد. با توجه به اینکه مونتاژ محصولاتی مثل خودرو، تراکتور و... در چند مرحله انجام می‌گیرد، لذا در این تحقیق مونتاژگران به دو گروه مونتاژگران میانی و نهایی تقسیم شده است. هر جزء از محصول، توسط مونتاژگران میانی مونتاژ شده و برای مونتاژ نهایی به مونتاژگر نهایی ارسال می‌شود. در این مقاله رویکرد تلفیقی برای انتخاب مونتاژگران میانی بر مبنای تصمیم‌گیری چندشاخصه با روش تاپسیس و انتخاب تأمین‌کنندگان بر مبنای تصمیم‌گیری چندهدفه با دو هدف کمینه‌سازی هزینه و بیشینه‌سازی کیفیت و با روش چبیشف آرمانی ارائه شده است. معیارهای در نظر گرفته‌شده برای مونتاژگران میانی شامل هزینه، کیفیت، زمان ارسال و وارانتی است که وزن این معیارها با روش آنتروپی تعیین می‌شود. کارایی

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: n_nahavandi@modares.ac.ir

رویکرد پیشنهادی با مثال عددی بررسی شده و جواب‌ها در حالت تک‌هدفه و دو هدفه مقایسه شده‌اند.

واژگان کلیدی: انتخاب تأمین‌کننده؛ انتخاب مونتاژگر؛ تصمیم‌گیری چندشاخصه؛ تصمیم‌گیری چندهدفه.

1- مقدمه

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های محیط‌های کسب‌وکار امروزی پیچیدگی این محیط‌هاست. امروزه با جهانی‌شدن بازارها و افزایش رقابت در بازارهای جهانی در پاسخگویی سریع و به‌موقع به مشتری، سعی سازمان‌ها برای بقا در این بازارها افزایش یافته است. وجود روابط و ارتباطات پیچیده بین اعضای زنجیره، بحث شبکه زنجیره تأمین[1] را در پی دارد [1]. شبکه زنجیره تأمین شامل تأمین‌کنندگان مواد خام، تأمین‌کنندگان قطعات، انبارهای میانی، مونتاژگرها، تولیدکننده‌ها، توزیع‌کننده‌ها، انبارهای نهایی، خرده‌فروشان و درنهایت، مشتریان به همراه جریانات فیزیکی، اطلاعاتی و مواد بین آن‌ها است. هدف طراحی شبکه زنجیره تأمین دستیابی به اهداف تصمیم‌گیرندگان است. برای مثال، انتخاب شبکه زنجیره کمینه‌سازی هزینه یا بیشینه‌سازی خدمت‌رسانی به مشتریان می‌تواند جزء اهداف تصمیم‌گیرندگان باشد و سایر اهداف بسته به شرایط سازمان می‌تواند تعیین شود [2].

در بیشتر صنایع، هزینه قطعات اولیه و مواد خام درصد قابل‌توجهی از هزینه‌ها را شامل می‌شود [3]. در این راستا، انتخاب تأمین‌کنندگان با کاهش هزینه‌ها و افزایش رقابت‌پذیری در سازمان‌ها حائز اهمیت بوده و یکی از تصمیمات مهم و راهبردی در زنجیره تأمین است [4]. در برخی صنایع که محصولات نهایی در چندین مرحله مونتاژ می‌شوند، انتخاب مونتاژگرها نیز، به‌عنوان یکی از رده‌های شبکه زنجیره تأمین، اهمیت می‌یابد. همچنین انتخاب مناسب انبارها علی‌رغم تأثیر در هزینه‌های حمل، در تأمین به‌موقع تقاضای مشتریان نیز نقش اساسی دارد. از طرف دیگر،

1. Supply Chain Network (SCN)

رقابت در دنیای کنونی رو به افزایش بوده و مشتریان با تنوع زیادی از محصولات روبرو بوده و علی‌رغم توجه به قیمت محصولات به دنبال مولفه‌های دیگری ازجمله کیفیت مطلوب، تحویل به‌موقع [5] و وارانتی [6] جهت تضمین محصولات هستند؛ بنابراین برای موفقیت در محیط کسب‌وکار رقابتی و جذب مشتریان، بایستی این شاخص‌ها را نیز مدنظر قرار داد. با توجه به مطالب فوق و اهمیت موضوع، در این تحقیق انتخاب بهینه اجزای زنجیره تأمین، شامل تأمین‌کنندگان، مونتاژگرها و انبارها، مدنظر است.

2- مروری بر پیشینه موضوع

اولین تحقیق در زمینه انتخاب تأمین‌کنندگان، به‌وسیله دیکسون[1] در سال 1966 انجام شد. در این تحقیق، پرسشنامه‌ای مشتمل بر 23 معیار برای 273 نفر از مدیران و عوامل خرید آمریکا و کانادا ارسال شده و از آن‌ها درخواست شد تا معیارهای مشخص‌شده را در مقیاس صفر تا چهار (غیر مهم تا مهم) تعیین کنند [7]. تحقیقات گسترده‌ای در انتخاب تأمین‌کننده در حوزه رویکردهای مدل‌سازی ریاضی و ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری انجام شده است. در این راستا، در سال 1998 یک مدل پشتیبانی تصمیم‌گیری برای انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی خطی ارائه شد [8]. در سال 2011 م. رویکرد برنامه‌ریزی پویای چند معیاره دومرحله‌ای برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش‌ها ارائه شد که در مرحله اول، تأمین‌کنندگان با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[2] رتبه‌بندی شده و در مرحله دوم، تخصیص سفارش‌ها انجام می‌گیرد [9].

برخی مقالات از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح [12-10] و برخی دیگر از برنامه‌ریزی آرمانی [13، 14] برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده استفاده کرده‌اند. از سال 2003 به بعد، اکثر مقالات از رویکردهای تلفیقی بهره گرفتند. در این راستا، کریشنان و ها[3] از ترکیب سه روش سلسله مراتبی، تحلیل پوششی داده‌ها[1] و

1. Dickson
2. Analytical Hierarchy Process (AHP)
3. Krishnan and Ha

شبکه‌های عصبی برای انتخاب تأمین‌کننده در یک شرکت تولیدی اتومبیل بهره گرفتند [15]. در سال 2008، انتخاب تأمین‌کننده را با ترکیب روش‌های فرآیند تحلیل شبکه[2] برنامه‌ریزی خطی صحیح مختلط و چندهدفه[3] با هدف بیشینه‌سازی ارزش خرید و کمینه‌سازی نرخ خرابی و مخارج انجام شد [16]. مدل احتمالی چندمعیاره برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش با چندین سهامدار توسط اسکات[4] و همکارانش در سال 2015 طراحی شد. ایشان از ترکیب روش سلسله مراتبی و گسترش عملکرد کیفیت[5] برای حل مدل احتمالی در یک کارخانه زیست‌انرژی استفاده کردند [17]. در ادامه، در سال 2017، محققی دیگر از روش گسترش عملکرد کیفیت، فرآیند تحلیل شبکه و زنجیره مارکوف در فرآیند انتخاب تأمین‌کننده بر مبنای مشتری استفاده کرد [18].

با مرور مبانی نظری تحقیق مشخص است که در سال‌های اخیر، بیشتر مقالات از رویکردهای تلفیقی فازی برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده استفاده کرده‌اند. در این راستا، شاو[6] و در سال 2012 به برنامه‌ریزی چندهدفه فازی خطی و AHP فازی برای مدل‌سازی انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره‌تأمین کم کربن پرداختند[19]. در سال 2014، استفاده از تاپسیس[7] فازی و برنامه‌ریزی آرمانی چندانتخابه[8] تحت شرایط عدم قطعیت برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به‌کار گرفته شد [20]. در سال 2015 نیز از تحلیل سلسله مراتبی فازی و برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط برای انتخاب حداکثر سه تأمین‌کننده از شش تأمین‌کننده مطالعه موردی استفاده کردند [21]. در سال 2016، استفاده از مسئله تصمیم‌گیری دو هدفه فازی برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان انجام شد. نتایج نشان‌دهنده دستیابی به 87% از بهینه هر دو هدف بوده که بیانگر کارایی مدل و روش حل مسئله است [22]. طراحی مدل ریاضی یکپارچه برای زنجیره تأمین با حلقه بسته با رویکرد فازی توسط

1. Data Envelopment analysis (DEA)
2. Analytical Network Process (ANP)
3. Multi-Objective Mixed Integer Linear Programming (MOMILP)
4. Scott
5. Quality Function Deployment (QFD)
6. Shaw
7. Topsis
8. Multi Choice Goal Programming (MCGP)

کولیایی[1] و همکارانش انجام شد [23].

معضلات زیست‌محیطی و زنجیره تأمین سبز، در تحقیقات اخیر در نظر گرفته شده و به چشم می‌خورند. در این راستا، در سال 2013، اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز در شرکت دیزل سنگین ایران با رویکرد ترکیبی دیمتل[2] و تحلیل شبکه فازی انجام شد [24]. استفاده از رویکرد چندهدفه فازی در شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سازگار با محیط‌زیست برای انتخاب بهینه تأمین‌کنندگان و تصمیمات حمل‌ونقل نیز در سال 2017 توسط گویدان و همکارانش انجام شد [25]. در ادامه، بابایی[3] و همکارانش در همین سال مدل ریاضی عدد صحیح چندهدفه انتخاب تأمین‌کننده سبز را در ایران‌خودرو با روش محدودیت اپسیلون توسعه دادند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش اهمیت مسائل زیست‌محیطی در زنجیره تأمین موردمطالعه، ارزش کل خرید سبز افزایش پیدا می‌کند [26].

پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که اکثر مقالات تنها به انتخاب تأمین‌کننده تمرکز کرده و نقش مونتاژگر نادیده گرفته شده است. در شرکت‌های تولیدی خودرو، تراکتور و...، عملیات مونتاژ در چندین مرحله توسط چندین مونتاژگر انجام می‌شود و ازآنجایی‌که انتخاب مونتاژگران کارا، به عنوان بخشی از زنجیره تأمین، به‌اندازه‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان حائز اهمیت بوده و در سود کلی زنجیره تأمین تأثیر بسزایی دارد، لذا در این صنایع بایستی مسئله انتخاب مونتاژگر نیز مدنظر قرار گیرد. در سال 2008، مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده با وجود یک مونتاژگر و چندین انبار و بازار به‌صورت مسئله دو هدفه توسط شالیگرام[4] مدل‌سازی شد ولی مسئله انتخاب مونتاژگر نادیده گرفته شد [2]. ازاین‌رو، در این تحقیق به دلیل اهمیت انتخاب مونتاژگران در صنایعی مثل ایران‌خودرو و همچنین وجود انبار و بازارهای متعدد در این صنایع، علاوه بر انتخاب تأمین‌کننده، به انتخاب مونتاژگر و انبار نیز می‌پردازیم. به دلیل چندمرحله‌ای بودن مونتاژ در این صنایع، مونتاژگران به دو گروه تقسیم شده‌اند: مونتاژگران میانی

1. Kooliaei
2. Decision Making Trial Evaluation (DEMATEL)
3. Babaee
4. Shaligram

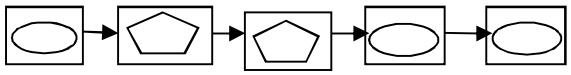
که هر جزء از محصول را مونتاژ می‌کنند و مونتاژگر نهایی که عمل مونتاژ محصول نهایی را انجام می‌دهند. در این تحقیق، فرض بر آن است که تنها یک مونتاژگر نهایی وجود دارد؛ بنابراین انتخاب بر روی مونتاژگران میانی خواهد بود.

بر اساس پژوهش‌های پیشین، در مواقعی که تعداد معیارها زیاد بوده و وجود معیارهای کیفی باعث شود تا مدل‌سازی ریاضی مسئله به‌راحتی امکان‌پذیر نباشد، از رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده می‌شود. از طرف دیگر، در مواردی که مسئله دارای محدودیت باشد، بهتر است از تصمیم‌گیری چندهدفه استفاده شود. بنابراین، در این تحقیق برای انتخاب مونتاژگران میانی، از تصمیم‌گیری چندشاخصه و برای انتخاب تأمین‌کنندگان و انبارها که دارای محدودیت‌هایی نیز هستند، از تصمیم‌گیری چندهدفه استفاده می‌شود. ابتدا با روش آنتروپی معیارهای کیفیت، وارانتی، قیمت و ارسال به‌موقع که در بخش مقدمه درخصوص اهمیت آن‌ها بحث شد، وزن‌دهی شده و سپس مونتاژگران میانی با روش تاپسیس انتخاب می‌شوند. در ادامه، انتخاب تأمین‌کنندگان و انبارها با دو هدف کمینه‌سازی هزینه و بیشینه‌سازی کیفیت و با روش چبیشف آرمانی انجام می‌گیرد. همچنین مرور پیشینه نظری تحقیق نشان می‌دهد که وزن توابع هزینه و کیفیت یکسان لحاظ شده است؛ بنابراین در این تحقیق نیز به علت تشابه موضوعی با تحقیقات مرتبط وزنی برای توابع هدف در نظر گرفته نشده است. درنهایت، جواب‌های به‌دست‌آمده در حالت چندهدفه با جواب‌های تک‌هدفه مقایسه می‌شوند. مدل ارائه‌شده در صنایعی مثل ایران‌خودرو، تراکتورسازی، موتورسازان و... کاربرد دارد.

در بخش دوم، مدل‌سازی مسئله و روش حل تشریح شده و درنهایت، مثال عددی و نتایج موردبحث قرار خواهد گرفت.

3- مدل‌سازی مسئله

شبکه زنجیره تأمین کالاهایی مثل خودرو به‌صورت شکل زیر است:



شکل 1 شبکه زنجیره تأمین

با توجه به شکل بالا قطعات و مواد اولیه از تأمین‌کنندگان به مونتاژگران میانی ارسال می‌شود. در این بخش، عملیات مونتاژ روی هر جزء از محصول توسط مونتاژگران میانی انجام شده و برای مونتاژ نهایی به مونتاژگر نهایی ارسال می‌شود. خروجی این مرحله محصول نهایی است که به انبارها و درنهایت، به خرده‌فروش‌ها (بازارها) ارسال می‌شود.

دو هدف در نظر گرفته‌شده در این تحقیق کمینه‌سازی هزینه و بیشینه‌سازی کیفیت است و شاخص‌های ارزیابی مونتاژگران –یعنی کیفیت، هزینه، زمان ارسال و وارانتی- در نظر گرفته شده است. با توجه به این معیارها و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه مونتاژگران میانی انتخاب شده و سپس با حل مدل ریاضی خطی دو هدفه تأمین‌کنندگان کارا و انبارها انتخاب می‌شوند.

در این قسمت، نمادهای مدل ریاضی تشریح شده و سپس به طراحی مدل خواهیم پرداخت.

3-1- نمادها

در جدول زیر نمادهای به‌کار رفته، قابل مشاهده است.

جدول 1 نمادهای به‌کار رفته در مدل

متغیر	شرح
i	اندیس تأمین‌کننده $i \subset I$
a	اندیس مونتاژگر میانی $a \subset A$
f	اندیس مونتاژگر نهایی (تنها یک مونتاژگر نهایی وجود دارد)
W	اندیس انبار $w \subset W$
P	اندیس قطعات تأمین‌کنندگان $p \subset P$

متغیر	شرح
m	اندیس بازار $m \subset M$
i_p	تأمین‌کننده i که قطعه p ام را تأمین می‌کند
X_{ia}	تعداد قطعات انتقال‌یافته از تأمین‌کننده i به مونتاژگر میانی a
y_a	تعداد جزء محصول مونتاژشده توسط مونتاژگر میانی a
y_f	تعداد محصول مونتاژ شده‌ی نهایی توسط مونتاژگر نهایی f
z_{fw}	تعداد محصول انتقال‌یافته از مونتاژگر نهایی f به انبار w
L_{wm}	تعداد محصول انتقال‌یافته از انبار w به بازار m
d_m	تقاضای بازار m
h_w	هزینه نگهداری انبار w
V	حجم محصول
c_i	هزینه تولید قطعه توسط تأمین‌کننده i
c_a	هزینه مونتاژ میانی محصول توسط مونتاژگر میانی a
c_f	هزینه مونتاژ نهایی محصول توسط مونتاژگر نهایی f
t_i	زمان لازم برای تولید قطعه توسط تأمین‌کننده i
t_a	زمان لازم برای مونتاژ میانی محصول توسط مونتاژگر میانی a
t_f	زمان لازم برای مونتاژ نهایی محصول توسط مونتاژگر نهایی f
Tc_{ia}	هزینه حمل از تأمین‌کننده i به مونتاژگر میانی a
Tc_{af}	هزینه حمل از مونتاژگر میانی a به مونتاژگر نهایی f
Tc_{fw}	هزینه حمل از مونتاژگر نهایی به انبار w
Tc_{wm}	هزینه حمل از انبار w به بازار m
m_{ap}	تعداد قطعه p ام موردنیاز برای مونتاژ جزء-محصولی که توسط مونتاژگر میانی aام مونتاژ می‌شود (از آنجا که هر جزء-محصول تنها توسط یک مونتاژگر میانی مونتاژ می‌شود، بنابراین اندیس a بیانگر جزء-محصول نیز هست.)
q_a	تعداد موردنیاز جز-محصول مونتاژ شده a ام برای مونتاژ محصول نهایی
CA_i CA_a CA_f CA_w	به ترتیب نشان‌گر ظرفیت‌های: تأمین‌کننده i، مونتاژگر میانیa، مونتاژگر نهایی f و انبار w
$Q1_i$, $QL1_i$	به ترتیب، کیفیت تولید قطعه توسط تأمین‌کننده i وآستانه کیفیت مطلوب موردنظر (بین 100-0)
$Q2_a$, $QL2_a$	به ترتیب، کیفیت مونتاژ میانیa ام و آستانه کیفیت مطلوب موردنظر (بین 100-0)
$Q3_f$,$QL3_f$	به ترتیب، کیفیت مونتاژگر مونتاژگر نهایی f و آستانه کیفیت مطلوب موردنظر (بین 100-0)

3-2- مفروضات

- تنها یک مونتاژگر نهایی وجود دارد؛
- محصول موردنظر از چهار جزء تشکیل شده است؛
- هر جزء از محصول توسط مونتاژگران میانی مونتاژ شده و عملیات مونتاژ نهایی محصول توسط مونتاژگر نهایی انجام می‌شود؛
- کمبود مجاز نیست؛
- هزینه نگهداری صرفاً برای محصول نهایی در نظر گرفته شده است.

3-3- طراحی مدل ریاضی

در این بخش، مدل ریاضی با دو هدف کمینه‌سازی هزینه و بیشینه‌سازی کیفیت طراحی می‌شود.

$$f_1 = \min \sum_{i=1}^{I}\sum_{a=1}^{A}(c_i + \mathrm{Tc_{ia}})x_{\mathrm{ia}} + \sum_{a=1}^{A}(c_a + \mathrm{Tc_{af}})y_a + c_f y_f + \sum_{w=1}^{W}(\mathrm{Tc_{fw}} + h_w)z_{\mathrm{fw}} + \sum_{w=1}^{W}\sum_{m=1}^{M}(\mathrm{Tc}_{wm} l_{\mathrm{wm}}) \quad (1)$$

$$f_2 = \max \sum_{i=1}^{I}\sum_{a=1}^{A}(\mathrm{Q1}_i - \mathrm{QL1}_i)x_{\mathrm{ia}} + \sum_{a=1}^{A}(\mathrm{Q2}_a - \mathrm{QL2}_a)y_a + (\mathrm{Q3}_f - \mathrm{QL3}_f)y_f \quad (2)$$

S.t

$$\sum_{a=1}^{A} t_i x_{\mathrm{ia}} \le \mathrm{CA}_i \qquad \forall i = 1,2,..,I \quad (3)$$

$$t_a y_a \le \mathrm{CA}_a \qquad \forall a = 1,2,..,A \quad (4)$$

$$t_f y_f \le \mathrm{CA}_f \quad (5)$$

$$\mathrm{vZ_{fw}} \le \mathrm{CA}_w \qquad \forall w =$$

$1,2,..,W$ (6)

$\sum_i x_{\mathrm{ia}} \geq m_{ap} y_a \qquad i \in$

$i_p \quad \forall a, p$ (7)

$y_f \leq \frac{1}{q_a} y_a$

$\forall a = 1,2,..,A$ (8)

$y_f = \sum_{w=1}^{W} z_{\mathrm{fw}}$ (9)

$\sum_{m=1}^{M} l_{\mathrm{wm}} \leq z_{\mathrm{fw}} \qquad \forall w =$

$1,2,..,W$ (10)

$d_m \leq \sum_{w=1}^{W} l_{\mathrm{wm}} \qquad \forall m =$

$1,2,..,M$ (11)

$x_{\mathrm{ia}}, y_f, y_a, z_{\mathrm{fw}}, l_{\mathrm{wm}} \in Z^+$ (12)

3-3-1- توابع هدف

رابطه (1) تابع هدف کمینه‌کردن هزینه است که هزینه‌های خرید، مونتاژ، حمل و نگهداری را در تمامی سطوح زنجیره تأمین دربر می‌گیرد. رابطه (2) مربوط به تابع هدف کیفیت است. در این معادله کیفیت در سه سطح تأمین‌کننده، مونتاژگر میانی و مونتاژگر نهایی در نظر گرفته شده و هدف، بیشینه‌سازی کیفیت در این سه سطح است؛ طوری که اختلاف کیفیت واقعی از کیفیت مطلوب مورد انتظار که بر اساس نیاز و خواسته‌های خریداران تعیین می‌شود، کمینه شود. کیفیت نسبتی از 100 در نظر گرفته شده است.

3-3-2- محدودیت‌های ظرفیتی

محدودیت ظرفیتی در سطوح تأمین‌کننده و مونتاژگر به ظرفیت تولید یا مونتاژ این

واحدها (برحسب زمان) و در انبارها به ظرفیت حجمی (برحسب واحد حجم) برمی‌گردد. محدودیت 3 تا 6 بیانگر محدودیت ظرفیتی در این واحدهاست.

3-3-3- محدودیت تعادل

محدودیت (7) نشان می‌دهد که حداقل تعداد قطعات دریافتی نوع p ام توسط هر مونتاژگر میانی، بایستی برابر با تعداد قطعات موردنیاز برای مونتاژ آن جزء-محصول باشد. با توجه به محدودیت ظرفیتی، مونتاژگر نهایی ممکن است قادر به مونتاژ تمامی جزء-محصول‌های ارسال شده از سطح قبلی نباشد (محدودیت 8). همچنین تمامی محصولات نهایی مونتاژ شده بایستی به انبارها فرستاده شود (محدودیت 9) و حداکثر مقدار ارسالی از هر انبار به بازارها به میزان ذخایر انبار باشد (محدودیت 10).

3-3-4- محدودیت تقاضا

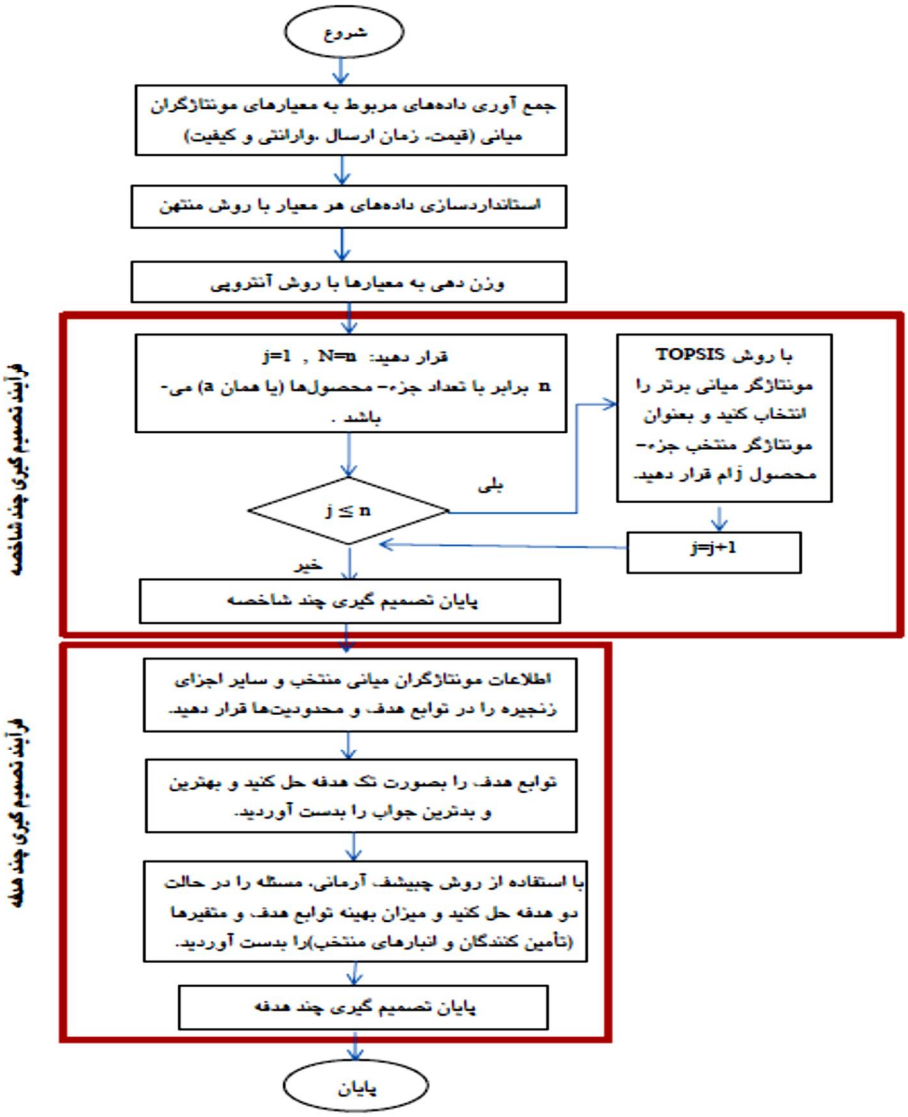
محدودیت (11) بیانگر ارضای تقاضای بازار توسط محصولات ارسالی از انبارها است.

3-3-5- محدودیت صحیح و نامنفی بودن متغیرها

تمامی متغیرها باید صحیح و نامنفی باشند که در محدودیت (12) آورده شده است.

4- روش حل

همان‌طور که اشاره شد، طبق فلوچارت زیر، روش مورداستفاده در بخش تصمیم‌گیری چندشاخصه، آنتروپی و تاپسیس است و در بخش چندهدفه، چبیشف آرمانی به‌کار گرفته شده است.



شکل 2 فلوچارت روش تحقیق

4-1- تصمیم‌گیری چندشاخصه

در این بخش، از روش تاپسیس برای انتخاب مونتاژگران میانی استفاده شده است. معیارهای در نظر گرفته‌شده عبارت‌اند از هزینه، کیفیت، زمان ارسال و وارانتی.

منظور از وارانتی تضمینی است که مونتاژگر میانی به مونتاژگر نهایی در قبال کیفیت محصول مونتاژ شده می‌دهد. در این بخش، کیفیت و وارانتی معیارها مثبت خواهد بود و هزینه و زمان ارسال معیارها منفی.

هر مونتاژگر میانی وظیفه مونتاژ یک جزء اصلی از محصول را به عهده دارد (برای مثال برای محصول تراکتور، مونتاژگر 1 وظیفه مونتاژ موتور، مونتاژگر 2 وظیفه مونتاژ قسمت هیدرولیکی و... را به عهده دارند). بنابراین به تعداد اجزای اصلی یک محصول، مونتاژگر میانی خواهیم داشت. هر مونتاژگر میانی طبق معیارهای گفته‌شده از بین چندین مونتاژگر انتخاب می‌شود. فرض کنید محصول اصلی از n جزء اصلی تشکیل شده است که برای هر جزء، مونتاژگرانی نامزد انتخاب هستند. با استفاده از روش تاپسیس برای هر جزء-محصول، مونتاژگران از بین نامزدها انتخاب می‌شوند؛ لذا با n بار پیاده‌سازی این روش، n مونتاژگر جهت مونتاژ هر جزء-محصول انتخاب می‌شود. روش حل به‌صورت گام‌هایی در ادامه آمده است (j اندیس جزء-محصول است):

1) ابتدا مقادیر N=n و j=1 را در نظر بگیرید؛

2) اگر $n \leq j$ باشد، مراحل 3 تا 5 را انجام داده، در غیر این صورت، به مرحله 6 بروید؛

3) با در دست داشتن ماتریس تصمیم مونتاژگران میانی برای j امین جزء-محصول، معیارهای این ماتریس را توسط روش آنتروپی وزن‌دهی کنید؛

4) با روش تاپسیس بهترین مونتاژگر میانی را انتخاب کنید؛

5) j=j+1 و به مرحله 2 برگردید؛

6) تمامی مونتاژگران میانی برای مونتاژ هر جزء- محصول انتخاب شده‌اند و قسمت تصمیم‌گیری چندشاخصه پایان می‌پذیرد.

4-2- تصمیم‌گیری چندهدفه

در این بخش با توجه به مدل ریاضی ارائه‌شده در بخش 30 و مونتاژگران میانی منتخب در بخش 40-1، روش چبیشف آرمانی بر اساس روابط زیر پیاده می‌شود. از

مزیت‌های این روش این است که در مسائلی با متغیرها، اهداف و محدودیت‌های زیاد، جواب بهینه را در زمان مناسب به دست می‌دهد. با توجه به اینکه در این روش مدل چندهدفه به تک هدفه تبدیل می‌شود، لذا می‌توان از نرم‌افزار LINGO11 برای حل مدل استفاده کرد.

$$\min \delta \tag{13}$$

$$g_s(x) \leq 0 \tag{14}$$

$$\delta \geq \frac{(U_k - F_k)}{(U_k - L_k)} \qquad k = 1,2,\ldots p \tag{15}$$

$$\delta, x \geq 0 \tag{16}$$

δ انحراف مثبت از توابع هدف، $g_s(x)$ محدودیت‌های مربوط به مدل چندهدفه، p بیانگر تعداد هدف (در این تحقیق p=2 است)، L_k و U_k به ترتیب، بدترین و بهترین مقدار تابع هدف k ام (این مقادیر از حل تک‌هدفه به دست می‌آید) و درنهایت، F_k تابع هدف k ام را نشان می‌دهد.

5- مثال عددی

در این مثال، محصول نهایی از چهار جزء و هفت قطعه اولیه تشکیل شده است. برای تأمین قطعات، 17 تأمین‌کننده وجود دارد؛ به‌طوری که تأمین‌کنندگان1 تا 3 قطعه‌ی اول، 4 و 5 قطعه‌ی دوم، 6 تا 8 قطعه‌ی سوم، 9 و10 قطعه‌ی چهارم، 11 و 12 قطعه‌ی پنجم، 13 تا 15 قطعه‌ی ششم و درنهایت، تأمین‌کنندگان 16و 17 قطعه‌ی هفتم را تأمین می‌کنند. از طرف دیگر، 21 مونتاژگر میانی وجود دارد که هر یک می‌تواند جزئی از محصول را مونتاژ کنند. اطلاعات مربوط به این مونتاژگران در جداول 2 تا 5 آمده و اعداد این جدول‌ها با روش منهتن استانداردسازی شده و در ادامه، سایر اطلاعات موردنیاز برای حل مسئله در جداول 6 تا 17 آمده است.

جدول 2 ماتریس تصمیم مونتاژگران جزء اول محصول

مونتاژگر	قیمت	کیفیت	تحویل به‌موقع	وارانتی
1	0/29	0/26	0/23	0/28
2	0/21	0/22	0/26	0/22
3	0/24	0/22	0/27	0/22
4	0/26	0/3	0/24	0/28

جدول 3 ماتریس تصمیم مونتاژگران جزء دوم محصول

وارانتی	تحویل به‌موقع	کیفیت	قیمت	مونتاژگر
0/21	0/23	0/22	0/2	5
0/21	0/19	0/25	0/19	6
0/2	0/15	0/14	0/2	7
0/18	0/25	0/2	0/2	8
0/19	0/18	0/19	0/21	9

جدول 4 ماتریس تصمیم مونتاژگران جزء سوم محصول

وارانتی	تحویل به‌موقع	کیفیت	قیمت	مونتاژگر
0/16	0/12	0/1	0/099	10
0/12	0/171	0/13	0/155	11
0/11	0/096	0/107	0/096	12
0/12	0/083	0/11	0/085	13
0/14	0/109	0/131	0/136	14
0/12	0/128	0/139	0/122	15
0/13	0/134	0/143	0/109	16
0/1	0/109	0/133	0/196	17

جدول 5 ماتریس تصمیم مونتاژگران جزء چهارم محصول

وارانتی	تحویل به‌موقع	کیفیت	قیمت	مونتاژگر
0/2	0/21	0/22	0/23	18
0/35	0/33	0/26	0/26	19
0/25	0/34	0/26	0/24	20
0/2	0/26	0/26	0/27	21

جدول 6- جدول ظرفیت سطوح زنجیره تأمین

ظرفیت تأمین‌کنندگان 17-1 (ساعت در سال)	ظرفیت مونتاژگر نهایی (ساعت در سال)	ظرفیت انبار 6-1 (متر مکعب)
700 – 1000 - 700	2200	1000
1000 - 1000 – 1100		700
1100 -1100 – 1250		300
800 -1200 – 1000		800
1800 -1300 – 800		800
1350 - 1200		1200

جدول 7 اطلاعات تکمیلی مربوط به تأمین‌کنندگان

تأمین‌کنندگان		c_i	t_i	TC_{ia} a				$Q1_i$	$QL1_i$
				1	2	3	4		
p=1	1	3	0/08	1/9	0	2	0	87	88
	2	3/2	0/1	2	0	1/8	0	93	
	3	3/2	0/14	1/9	0	2	0	90	
p= 2	4	3/3	0/08	0	1/8	1/7	0	90	90
	5	3/5	0/14	0	1/95	2/2	0	94	
p=3	6	3/8	0/1	1/9	2	0	1/8	90	88
	7	3/9	0/11	1/9	1/8	0	2	91	
	8	3/6	0/08	1/95	1/7	0	2/11	86	
p=4	9	4	0/13	2	2/12	0	0	94	91
	10	4/2	0/11	2/1	1/75	0	0	89	
p=5	11	4	0/12	0	0	2/15	1/95	92	93
	12	4	0/19	0	0	2/18	2/1	95	
p=6	13	5	0/16	0	0	0	2/19	82	89
	14	5/1	0/15	0	0	0	2/2	88	
	15	5/2	0/13	0	0	0	2/1	89	
p=7	16	4/8	0/17	0	2/13	0	1/92	91	92
	17	4/8	0/12	0	2/12	0	1/8	96	

جدول 8 اطلاعات تکمیلی مونتاژگر نهایی

$QL3_f$ از 100	$Q3_f$ از 100	t_f	c_f
90	93	0/2	6

جدول 9 اطلاعات تکمیلی انبار

انبارw	Tc_{wm}				h_w
	بازار m				
	1	2	3	4	
1	2/1	3/1	2/1	1/9	0/05
2	2/1	2/2	2/2	1	0/02
3	3/1	3/2	3/1	3/2	0/03
4	4/2	4/4	4/2	4/2	0/02
5	3/3	3/3	3/2	3/1	0/02
6	3/2	3/3	3/25	3/2	0/03

جدول 10 تعداد قطعات مورد نیاز مونتاژگر میانی a (mnap) و تعداد جزء-محصول‌های موردنیاز محصول نهایی

جزء-محصولی که توسط مونتاژگر میانی a مونتاژ می‌شود	mn_{ap}							q_a
	قطعه p							
	1	2	3	4	5	6	7	
جزء اول محصول	2	0	1	1	0	0	0	1
جزء دوم محصول	0	1	1	2	0	0	2	1
جزء سوم محصول	2	2	0	0	1	0	0	1
جزء چهارم محصول	0	0	2	0	1	3	1	1

جدول 11 تقاضای بازار

بازار 4	بازار 3	بازار 2	بازار 1
800	1050	900	1000

برای حل مسئله، در مرحله اول بایستی مونتاژگران میانی برای هر جزء-محصول

انتخاب شود. ابتدا با توجه به اطلاعات جداول 2 تا 5 و با روش آنتروپی وزن هر یک از معیارها در هر جدول به دست می‌آید که در جدول 12 نشان داده شده است.

جدول 12 وزن حاصل از روش آنتروپی برای هر جزء از محصول

	قیمت	کیفیت	تحویل به‌موقع	وارانتی
جزء اول محصول	0/25	0/32	0/14	0/29
جزء دوم محصول	0/1	0/43	0/037	0/1
جزء سوم محصول	0/43	0/14	0/29	0/14
جزء چهارم محصول	0/09	0/09	0/34	0/48

جدول13 ci های حاصل از روش تاپسیس برای مونتاژگران میانی

جزء اول محصول	مونتاژگر	1	2	3	4				
	c_i	0/46	0/4	0/3	0/7				
جزء دوم محصول	مونتاژگر	5	6	7	8	9			
	c_i	0/2	0/24	0/97	0/33	0/6			
جزء سوم محصول	مونتاژگر	10	11	12	13	14	15	16	17
	c_i	0/63	0/46	0/52	0/52	0/53	0/5	0/66	0/3
جزء چهارم محصول	مونتاژگر	18	19	20	21				
	c_i	0/5	0/96	0/29	0/24				

با استفاده از اوزان به‌دست‌آمده در جدول 12 و با استفاده از روش تاپسیس، معیار رتبه‌بندی (c_i) بر اساس جدول 13 به دست می‌آید که برای هر جزء از محصول، مونتاژگر با بیشترین معیار رتبه‌بندی انتخاب می‌شود؛ لذا مونتاژگران 4، 7، 16 و 19 به ترتیب برای اجزای یک تا چهارم محصول انتخاب می‌شوند.

جدول 14 اطلاعات تکمیلی مونتاژگران میانی منتخب

	c_a	CA_a	t_a	Tc_{if}	$Q2_a$ از 100	$QL2_a$ از 100
مونتاژگر میانی منتخب برای مونتاژ جزء اول محصول (مونتاژگر 4)	5	1800	0/18	2/9	92	92
مونتاژگر میانی منتخب برای مونتاژ جزء دوم محصول (مونتاژگر 7)	10/5	2000	0/17	2/5	89	85
مونتاژگر میانی منتخب برای مونتاژ جزء سوم محصول (مونتاژگر 16)	4/8	1900	0/15	1/7	91	87
مونتاژگر میانی منتخب برای مونتاژ جزء چهارم محصول (مونتاژگر 19)	8/6	1800	0/18	1/85	94	91

اطلاعات لازم برای مونتاژگران میانی منتخب، در جدول 14 آورده شده است.

همان‌طور که گفته شد، بعد از انتخاب مونتاژگران میانی، تأمین‌کنندگان و انبارها نیز با استفاده از تصمیم‌گیری چندهدفه انتخاب می‌شوند. برای این منظور از روش چبیشف آرمانی استفاده شده و برای پیاده‌سازی این روش، ابتدا مدل ریاضی به‌صورت تک هدفه حل می‌شود (جداول 15 و 16)؛ سپس با حل معادلات 17-14 در LINGO11، تأمین‌کنندگان کارا و انبارها انتخاب شده و مقادیر بهینه هزینه و کیفیت به دست می‌آید.

در جدول 15، F_2 بیانگر مقدار تابع هدف کیفیت در حالت کمینه‌سازی هزینه است. با توجه به اینکه در این جدول نتایج حل تک‌هدفه هزینه نشان داده شده و از

تابع هدف بیشینه‌سازی کیفیت صرف‌نظر شده است، لذا واضح است که مقدار کیفیت در حل دو هدفه بهتر می‌شود. همان‌طور که از جدول فوق مشخص است، در حالت کمینه‌سازی هزینه، تأمین‌کنندگان 1، 2، 4، 6، 8، 9، 10، 11، 13، 15، 17 و انبارهای 1 و 2 انتخاب می‌شوند. مقدار بهینه هزینه 659860 واحد پولی در سال و کیفیت متناظر81250 واحد در سال است. با توجه به اینکه در حل دوهدفه هر دو هدف همزمان بهینه می‌شوند، بنابراین انتظار می‌رود که مقدار هزینه بدتر (بیشتر) و مقدار کیفیت بهتر (بیشتر) شود.

در جدول 16، F_1 بیانگر مقدار تابع هدف هزینه در حالت بیشینه‌سازی کیفیت است. در این جدول، تنها تابع هدف کیفیت در نظر گرفته شده است، لذا واضح است که مقدار هزینه در این حالت بیشتر از مقدار هزینه در حالت دو هدفه خواهد بود. طبق جدول مشخص است که انبار 1 و 6 و تمامی تأمین‌کنندگان به جزء تأمین‌کنندگان 13 و 8 انتخاب شده‌اند. میزان بهینه کیفیت 261322 واحد در سال با هزینه متناظر 959732 واحد پولی در سال است.

میزان هزینه در حالت بیشینه‌سازی کیفیت به‌اندازه 299852 واحد پولی نسبت به مقدار بهینه هزینه افزایش یافته است. از طرفی، میزان کیفیت به‌اندازه 180072 واحد بهبود یافته است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بهبود یک تابع هدف باعث بدتر شدن تابع هدف دیگر می‌شود. با استفاده از روش دو هدفه، هر دو هدف همزمان بهینه می‌شوند. جدول 17 نتایج حل دو هدفه با روش چبیشف آرمانی را نشان می‌دهد؛ این نتایج با نرم‌افزار LINGO11 به‌دست‌آمده است. با توجه به اطلاعات جدول مذکور، هزینه 674329 واحد پولی و کیفیت254750 واحد در سال به‌دست‌آمده که مقدار بهینه هزینه و کیفیت را در حل دو هدفه نشان می‌دهد. همان‌طور که اشاره شد، در حل تک‌هدفه بهبود یک هدف در جهت بدتر شدن هدف دیگر است ولی در حل دو هدفه، هر دو هدف همزمان بهینه می‌شوند. مقایسه این جدول با جداول 15 و 16 نشان می‌دهد که مقدار کیفیت به‌دست‌آمده در حل دو هدفه نسبت به مقدار کیفیت حاصله از حل تک‌هدفه هزینه، به میزان193500 واحد و مقدار هزینه به‌دست‌آمده در این جدول

نسبت به هزینه حاصله از حل تک‌هدفه کیفیت، به میزان 285403 واحد پـولی در سـال بهبود یافته است. همـان‌طـور کـه ملاحظـه مـی‌شـود، در حـل دو هدفـه هـر دو هـدف به‌صورت توأم بهبود می‌یابند.

جدول 15 حل تک‌هدفه تابع هدف هزینه

	کمینه‌سازی هزینه(بهینه) (سال/واحد پول)U1=659860 (سال/1) F2=81250	بیشینه‌سازی هزینه (سال/واحد پول)1184073 =L1
متغیرها	مقادیر	
X_{ia} i=1, a=1-4 X_{ia} i=2, a=1-4 X_{ia} i=3, a=1-4	(0 و 0 و 0 و 7500)	(1600 و 8400 و0 و 0)
	(0 و 7500 و 0 و 0)	(0 و 0 و 0 و 10000)
	(0 و 0 و 0 و 0)	(0 و 3300 و 0 و 1700)
X_{ia} i=4, a=1-4 X_{ia} i=5, a=1-4	(0 و 7500 و 3750 و 0)	(3342 و 4557 و 5850 و 0)
	(0 و 0 و 0 و 0)	(0 و 7142 و 0 و 0)
X_{ia} i=6, a=1-4 X_{ia} i=7, a=1-4 X_{ia} i=8, a=1-4	(7500 و 0 و 0 و 0)	(0 و 350 و 5850 و 3800)
	(0 و 0 و 0 و 0)	(0 و 11363 و 0 و 0)
	(0 و 0 و 3750 و 3750)	(11700 و 0 و 0 و 2050)
X_{ia} i=9, a=1-4 X_{ia} i=10, a=1-4	(0 و 0 و 0 و 3750)	(0 و 0 و 8461 و 0)
	(0 و 0 و 7500 و 0)	(2 و 0 و 3238 و 5850)
X_{ia} i=11, a=1-4 X_{ia} i=12, a=1-4	(3750 و 3750 و 0 و 0)	(1639 و 5850 و 2510 و 0)
	(0 و 0 و 0 و 0)	(4210 و 0 و 0 و 0)
X_{ia} i=13, a=1-4 X_{ia} i=14, a=1-4 X_{ia} i=15, a=1-4	(5000 و 0 و 0 و 0)	(5000 و 0 و 0 و 0)
	(0 و 0 و 0 و 0)	(8666 و 0 و 0 و 0)
	(6250 و 0 و 0 و 0)	(3883 و 9962 و 0 و 0)
X_{ia} i=16, a=1-4 X_{ia} i=17, a=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(5850 و 0 و 1208 و 0)
	(3750 و 0 و 7500 و 0)	(0 و 758 و 10491 و 0)
L_{wm} w=1 m=1-4	(800 و 1050 و 0 و 150)	(0 و 0 و 0 و 0)
L_{wm} w=2 m=1-4	(0 و 0 و 900 و 850)	(0 و 0 و 0 و 0)
L_{wm} w=3 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(750 و 0 و 0 و 0)
L_{wm} w=4 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(0 و 0 و 2000 و 0)
L_{wm} w=5 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(0 و 0 و 0 و 1000)
L_{wm} w=6 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(50 و 1050 و 1000 و 0)

جدول 16 حل تک‌هدفه تابع هدف کیفیت

	بیشینه‌سازی کیفیت (بهینه) (سال/1) U_2=261322 (سال/واحد پول) F_1= 959732	کمینه‌سازی کیفیت (سال/1) L_2= - 23240
متغیرها	مقادیر	
X_{ia} i=1, a=1-4	(0 و 682 و 0 و 5682)	(0 و 7500 و 0 و 2500)
X_{ia} i=2, a=1-4	(0 و 10000 و 0 و 0)	(0 و 0 و 0 و 0)
X_{ia} i=3, a=1-4	(0 و 0 و 0 و 5000)	(0 و 0 و 0 و 5000)
X_{ia} i=4, a=1-4	(0 و 3540 و 5341 و 0)	(0 و 7500 و 3750 و 0)
X_{ia} i=5, a=1-4	(0 و 7142 و 0 و 0)	(0 و 0 و 0 و 0)
X_{ia} i=6, a=1-4	(0 و 0 و 4659 و 5341)	(0 و 0 و 0 و 1250)
X_{ia} i=7, a=1-4	(10681 و 0 و 682 و 0)	(0 و 0 و 0 و 0)
X_{ia} i=8, a=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(7500 و 0 و 3750 و 2500)
X_{ia} i=9, a=1-4	(0 و 0 و 8461 و 0)	(0 و 0 و 0 و 2160)
X_{ia} i=10, a=1-4	(0 و 0 و 2221 و 5341)	(0 و 0 و 7500 و 1590)
X_{ia} i=11, a=1-4	(5341 و 1131 و 0 و 0)	(3750 و 3750 و 0 و 0)
X_{ia} i=12, a=1-4	(0 و 4210 و 0 و 0)	(0 و 0 و 0 و 0)
X_{ia} i=13, a=1-4 X_{ia} i=14, a=1-4 X_{ia} i=15, a=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(5000 و 0 و 0 و 0)
	(2177 و 0 و 0 و 0)	(6250 و 0 و 0 و 0)
	(13846 و 0 و 0 و 0)	(0 و 0 و 0 و 0)
X_{ia} i=16, a=1-4 X_{ia} i=17, a=1-4	(0 و 0 و 4773 و 0)	(3750 و 0 و 3308 و 0)
	(5341 و 0 و 5909 و 0)	(0 و 0 و 4192 و 0)
L_{wm} w=1 m=1-4	(0 و 2341 و 0 و 0)	(0 و 750 و 0 و 0)
L_{wm} w=2 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(0 و 0 و 0 و 0)
L_{wm} w=3 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(750 و 0 و 0 و 0)
L_{wm} w=4 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(0 و 0 و 2000 و 0)
L_{wm} w=5 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)	(0 و 0 و 0 و 1000)
L_{wm} w=6 m=1-4	(800 و 300 و 900 و 1000)	(800 و 300 و 900 و 1000)

جدول 17 حل دو هدفه با روش چبیشف آرمانی

	F_1=674329(سال/واحد پول) F_2= 254750(1/سال)
متغیرها	مقادیر
X_{ia} i=1, a=1-4 X_{ia} i=2, a=1-4 X_{ia} i=3, a=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)
	(0 و 7500 و 0 و 2500)
	(0 و 0 و 0 و 5000)
X_{ia} i=4, a=1-4 X_{ia} i=5, a=1-4	(0 و 4107 و 0 و 0)
	(0 و 3392 و 3750 و 0)
X_{ia} i=6, a=1-4 X_{ia} i=7, a=1-4 X_{ia} i=8, a=1-4	(4824 و 0 و 0 و 0)
	(2675 و 1188 و 3750 و 3750)
	(0 و 0 و 0 و 0)
X_{ia} i=9, a=1-4 X_{ia} i=10, a=1-4	(0 و 0 و 4711 و 3750)
	(0 و 0 و 2788 و 0)
X_{ia} i=11, a=1-4 X_{ia} i=12, a=1-4	(3289 و 0 و 0 و 0)
	(460 و 3750 و 0 و 0)
X_{ia} i=13, a=1-4 X_{ia} i=14, a=1-4 X_{ia} i=15, a=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)
	(0 و 0 و 0 و 0)
	(11250 و 0 و 0 و 0)
X_{ia} i=16, a=1-4 X_{ia} i=17, a=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)
	(3750 و 0 و 7500 و 0)
L_{wm} w=1 m=1-4	(800 و 1050 و 0 و 150)
L_{wm} w=2 m=1-4	(0 و 0 و 900 و 580)
L_{wm} w=3 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)
L_{wm} w=4 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)
L_{wm} w=5 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)
L_{wm} w=6 m=1-4	(0 و 0 و 0 و 0)

6- نتیجه‌گیری

در زنجیره تأمین محصولاتی همانند خودرو که اجزای آن حاصل مونتاژ چندین قطعه است، قطعات اولیه توسط تأمین‌کنندگان تهیه شده و سپس مونتاژگران اجزای مختلف محصول را مونتاژ می‌کنند و این اجزاء جهت مونتاژ محصول نهایی به مونتاژگر نهایی ارسال می‌شود. بنابراین، در این زنجیره‌ها علاوه بر انتخاب تأمین‌کنندگان، انتخاب بهینه‌ی مونتاژگران نیز حائز اهمیت است. در تحقیقات گذشته، انتخاب مونتاژگران نادیده گرفته شده است؛ درحالی‌که این موضوع روی کیفیت و زنجیره تأثیر می‌گذارد. از طرف دیگر، تأخیر عملکرد مونتاژگران میانی تأثیر مستقیمی بر زمان تحویل کالا و درنتیجه، رضایت مشتریان دارد؛ بنابراین، در این پژوهش انتخاب مونتاژگران نیز در نظر گرفته شده است. در فرآیند تحقیق، ابتدا مونتاژگران میانی با روش تاپسیس انتخاب شده و در ادامه، تأمین‌کنندگان و انبارها توسط برنامه‌ریزی دو هدفه (کمینه‌سازی هزینه و بیشینه‌سازی کیفیت) و با روش چبیشف آرمانی انتخاب می‌شوند. در این بخش، مدل مسئله در دو حالت تک‌هدفه و دو هدفه حل شده و نتایج نشان می‌دهد که توابع هدف در حل دو هدفه نسبت به حل تک‌هدفه، به‌طور همزمان بهبود یافته‌اند.

در این تحقیق، تقاضای بازار ثابت و سفارش‌گیری به‌صورت تک‌دوره‌ای در نظر گرفته‌شده و از هزینه‌های نگهداری در سطوح تأمین‌کننده و مونتاژگران صرف‌نظر شده است. در تحقیقات آتی می‌توان تقاضا را تابعی از قیمت و کیفیت در نظر گرفت و هزینه‌های نگهداری را لحاظ کرد و در این راستا، علاوه بر تعیین بهینه اجزای زنجیره، با روش‌های کنترل موجودی، میزان سفارش و دوره اقتصادی سفارش‌دهی نیز در سطوح زنجیره تعیین شود. در حال حاضر در دنیای کنونی و همچنین در تحقیقات اخیر، یکی دیگر از معیارهای مؤثر بر انتخاب فروشنده، وارانتی یا گارانتی محصولات آن است. در این تحقیق، تأمین‌کنندگان بر اساس دو هدف هزینه و کیفیت انتخاب می‌شوند که در تحقیقات آتی می‌توان وارانتی را به‌عنوان هدف سوم در انتخاب تأمین‌کنندگان مدنظر قرار داد.

7- منابع

[1] Braziotis, Ch., Bourlakis, M., Rogers, H., Tannock, J. “Supply chains and supply networks: distinctions and overlaps”. *Supply chain management: An International Journal*, vol. 18, no. 6, pp. 9-20, 2013.

[2] Shaligram, P. “A two objective model for decision making in a supply chain”. *Journal of production economics*, vol. 111, pp. 378-388, 2007.

[3] Rabieh, M., Azar, A., Modarres Yazdi, M., Fetanat Fard Haghighi, M. “Designing a multi-objective robust multi-sourcing mathematical model. An approach for reducing the risk of supply chain (Case study: Supply Chain of IRAN KHODRO Company)”. *Industrial Management's Perspective*, vol. 1, pp. 57-77, 2011.

[4] Ghodsypour S.H., O'Brien C. “A decision support system for suppleir selection using integrated analytic hierarchy process and linear programing”. *International Journal of Production Economics*, vol. 57, pp. 199-212, 1998.

[5] Rao, C., Xiao, X., Goh, M., Zheng, J., Wen, J. “ Compound mechanism design of supplier selection based on multi-attribute auction and risk management of supply chain”. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 105, pp. 63-75, 2017.

[6] Erginel, N, Gecer, A. “Fuzzy multi-objective decision model for calibration supplier selection problem”. *Computers & Industrial Engineerin*g, vol. 102, pp. 166-174, 2016.

[7] Dickson, G. “An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions”. *Journal of Purchasing*, vol. 21, pp. 28-41, 1996.

[8] Ghodsypour, S.H., O’Brien, C. “A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming”. *Journal of International and Production Economics*, vol. 56, pp.199–212, 1998.

[9] Mafakheri, F., Breton, M, Ghoniem, A. "Supplier selection-order allocation: A two-stage multiple criteria dynamic programming approach”. *Journal of Production Economic*, vol. 132, pp. 52-57, 2011.

[10] Ghodsypour, S.H., O’Brien, C. “The total cost of logistics in supplier selection,

under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraints". *Journal of International Journal of Production Economics*, vol.73, pp. 15–27, 2001.

[11] Hong, G.H., Park, S.C., Jang, D.S., Rho, H.M. "An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship". *Journal of Expert Systems with Applications*, vol. 28, pp.629–639, 2005.

[12] Talluri, S. "A buyer–seller game model for selection and negotiation of purchasing bids". *Journal of European Journal of Operational Research*, vol. 143, pp.171-180, 2002.

[13] Saen, R.F. "A decision model for selecting technology suppliers in the presence of nondiscretionary factors". *Applied Mathematics and Computation*, vol. 181, pp.1609–1615, 2006.

[14] Ross, A., Buffa, F.P., Droge, C., Carrington, D. "Supplier evaluation in a dyadic relationship: An action research approach". *Journal of Business Logistics*, vol. 27, pp. 75–102, 2006.

[15] Ha, S.H., Krishnan, R. "A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain". *Expert Systems with Applications*, vol. 34, pp. 1303–1311, 2008.

[16] Demirtas, E.A., Ustun. O. "AN integrated multi-objective decision making process for supplier selection and order allocation". *OMEGA-International Journal of Management Sicence*, vol. 36, pp. 76-90, 2008.

[17] Scott, J., Ho, W., Dey, P., Talluri, S. "A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic, multi-stakeholder and multi-criteria environments". *International Journal of Production Economics*, vol. 166, pp. 226-237, 2015.

[18] Asadabadi, M.A. "A customer based supplier selection process that combines quality function deployment, the analytic network process and a Markov chain". *European Journal of Operational Research*, vol. 263, pp. 1049-1062, 2017.

[19] Shaw, K., Shankar, R., Yadav, A., S., Thakur, L.S. "Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain". *Expert System With Application*, vol. 39, pp. 8182-8192, 2012.

[20] Daneshvar Rouyendegh, B., Saputro, T. "Supplier Selection Using Integrated Fuzzy TOPSIS & MCGP: A Case Study". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 116, pp. 3957–3970, 2014.

[21] Ayhan, M.B., Klic, H.S. "A two stage approach for supplier selection problem in multi-item/multi-supplier environment with quantity discounts". *Computers & Industrial Engineering*, vol. 85, pp. 1–12, 2015.

[22] Erginel, N., Gecer, I. "Fuzzy multi-objective decision model for calibration supplier selection problem". *Computers & Industrial Engineering*, vol. 102, pp. 166–174, 2016.

[23**]** Kooliaei, M., Azar, A., Amini, M.R., Rajabzadeh, A. "Designing integrated mathematical model in closed-loop supply chain". *Management Researches in Iran*, vol. 20, no. 1, pp. 1-32, (In Persian), 2016.

[24] Safaei, A.H., Tabibi, M.R., Hajiabadi, F. "Compound Method Approach of Fuzzy ANP-DEMATEL for Making Preference of Green Supplier Performance Assessment Criteria (Case Study: Iran Heavy Diesel Company)". *Management Researches in Iran*, vol. 17, no. 3, pp. 129-149, (In Persian), 2013.

[25] Govindan, K., Darbari, J.D., Agarwal, V., Jha, P.C. "Fuzzy multi-objective approach for optimal selection of suppliers and transportation decisions in an eco-efficient closed loop supply chain network". *Journal of Cleaner Production*, vol. 165, pp. 1598-1619, 2017.

[26] Babaee, L., Rabieh, M., Nikbakhsh, E., Esmaeili, M. "Multi- Objective Mathematical Model for Green Supplier Selection (Case Study: Supply Chain of IRAN KHODRO Company". *Modern Researchers in Decision Making*, vol. 2, no. 2, pp. 51-83, (In Persian), 2017.