

# یک مدل کمی برون سپاری با در نظر گرفتن هزینه پنهان وابستگی بین قطعات

علی احمدی دستجردی<sup>1</sup> و علی شاهنده<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> کارشناس ارشد - دانشکده مهندسی صنایع - دانشگاه صنعتی اصفهان

<sup>2</sup> دانشیار دانشکده مهندسی صنایع - دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت 90/7/18، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده 90/8/11، تاریخ تصویب 91/1/19)

## چکیده

امروزه تغییرات در محیط رقابتی سبب شده است سازمان‌ها کسب و کار خود را حول فعالیت‌هایی که در انجام آنها توانایی داشته و به عنوان فعالیت اصلی و عامل ایجاد مزیت رقابتی آنها محسوب می‌شوند، متمرکز کرده و سایر فعالیت‌ها را برون‌سپاری کنند. در این راستا چگونگی تصمیم‌گیری سازمان در این باره که چه فعالیت‌هایی در داخل شرکت لازم است انجام شود و چه فعالیت‌هایی باید برون‌سپاری شود و همچنین انتخاب تأمین‌کننده مناسب، بسیار پراهمیت است. در این مقاله با ارائه یک مدل ترکیبی از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی خطی صفر-یک به این سؤال پاسخ داده شده است. در مدل پیشنهادی هزینه پنهان وابستگی بین قطعات با استفاده از مفهوم تابع زیان در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی تأمین‌کنندگان از روش تابع زیان تاگوچی استفاده شد که نتایج ارزیابی در هر معیار به صورت زیان در نظر گرفته شده است. در پایان، مدل پیشنهادی در یک مطالعه موردی اجرا و نتایج آن بررسی و تحلیل شد.

**واژه‌های کلیدی:** برون‌سپاری، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تابع زیان تاگوچی، هزینه پنهان وابستگی بین قطعات،

برنامه‌ریزی صفر-یک

## مقدمه

عقب‌مانده و شکست خورده بودند. امروزه سازمان‌هایی که کاملاً موفق هستند نیز از این ابزار استفاده می‌کنند و مدیران این سازمان‌ها به عنوان یک موضوع حیاتی درک کرده‌اند که ایجاد قابلیت‌های کلیدی برای برآورده کردن نیازهای مشتری ضروری است و باید در این راه تلاش کنند. بر اساس برآورد گروه بین‌المللی جمع‌آوری داده آمریکا<sup>1</sup> در سال 2001 در مجموع بخش‌های مختلف کسب و کار شرکت‌های صنعتی 712145 میلیون دلار و در سال 2006 برابر ۱،۱۹۸،۹۰۸ میلیون دلار در زمینه برون‌سپاری هزینه شده است [1]. برون‌سپاری فرآیندهای تجاری<sup>2</sup> بر اساس یک برآورد در سال 2004 برابر 112 میلیارد دلار بوده است و پیش‌بینی می‌شود متوسط رشدی حدود 9/6% داشته باشد، در حالی که میانگین رشد اقتصادی دنیا حدود 6/7% است [2].

امروزه برون‌سپاری یک رویکردی استراتژیک تلقی می‌شود. سازمان‌های صنعتی در ابتدا با نگرش صرفه‌جویی مالی، فعالیت‌های خود را برون‌سپاری می‌کردند و به دنبال این موضوع بودند که با کاهش بهای تمام‌شده تولیدات و

ایجاد آمادگی برای ارائه واکنش سریع‌تر برای بهره‌گیری از فرصت‌های زودگذر و کم‌ثبات، یکی از چالش‌های اساسی سازمان‌ها و بنگاه‌ها در عصر حاضر است. حرکت از جامعه صنعتی به سوی جامعه اطلاعاتی، از اقتصاد ملی به سمت اقتصاد جهانی، از تمرکزگرایی به تمرکززدایی و بالاخره از ساختار سلسله مراتبی به سوی نظام شبکه‌ای از نشانه‌های آشکار روند تحولات اساسی در بازار امروز است و بی شک پاسخگویی به آنها نیازمند رویکردهای مناسب است. در واقع سازمان‌های امروزی برای استفاده فرصت‌ها ناگزیر به ایجاد ساختاری منعطف و نیز بهره‌مندی بیشتر از امکانات گسترده بیرون از سازمان و به عبارتی برون‌سپاری هستند. برون‌سپاری مفهوم جدیدی در دنیای صنعت و خدمات نیست، بلکه آنچه جدید است بیشتر شدن اهمیت و سودمندی آن در محیط امروز کسب و کار است. در گذشته، برون‌سپاری زمانی مورد استفاده قرار می‌گرفت که سازمان‌ها نمی‌توانستند خوب عمل کنند، در رقابت ضعیف بودند، کاهش ظرفیت داشتند، با مشکل مالی روبه‌رو بودند و یا از نظر فن‌آوری

که چگونه یک شرکت تصمیم بگیرد چه فعالیت‌هایی را و به چه کسانی برون‌سپاری کند.

### برون‌سپاری

واژه برون‌سپاری در بسیاری از موارد، مترادف با تصمیم‌گیری برای ارجاع به خارج<sup>3</sup> به کار رفته است. اصطلاحاتی چون «ساخت یا خرید»<sup>4</sup>، «ادغام یا تجزیه فعالیت‌ها»<sup>5</sup> اشاره به برون‌سپاری دارند [5]. برخی از نویسندگان نیز از برون‌سپاری در اشاره به تصمیمات مربوط به یکپارچه‌سازی عمودی استفاده کرده‌اند. امروزه واژه برون‌سپاری جایگزین مفهوم سنتی پیمانکاری فرعی<sup>6</sup> شده است. با این وجود، برخی از نویسندگان بین این دو اصطلاح تفاوت قایلند. ون‌میگم<sup>7</sup> پیمانکاری فرعی را، به دست آوردن اقلامی (اعم از محصول، قطعه یا خدمت) می‌داند که خود شرکت نیز می‌تواند آن را تولید کند و برون‌سپاری را به دست آوردن اقلامی می‌داند که شرکت نمی‌تواند نسبت به تولید آن اقدام کند [6]. اما افرادی مثل شاو و فیر<sup>8</sup>، برون‌سپاری را شکلی از فعالیت پیمانکاری می‌دانند که قبلاً در شرکت انجام می‌شده و اکنون انجام آن‌ها به دیگران واگذار شده است. به عبارت دیگر، برون‌سپاری جایگزین خدماتی شده است که قبلاً توسط شرکت انجام می‌شد [7]. از نظر گیلی و رشید<sup>9</sup> برون‌سپاری عبارت است از عقد قرارداد با عرضه‌کننده بیرونی برای انجام فعالیت‌هایی که قبلاً در شرکت انجام می‌شد، یا انجام فعالیت‌هایی که کاملاً جدید هستند [8].

اکثر مطالعات انجام‌شده در زمینه برون‌سپاری به بیان مزایا و معایب آن پرداخته و به صورت مفهومی، مدلی برای تصمیم‌گیری ارائه داده‌اند. این رویکردها برون‌سپاری را به صورت عام مورد توجه قرار داده‌اند. در مطالعات مختلف، موضوع برون‌سپاری از جنبه‌های متعددی بررسی شده است. هارکینز<sup>10</sup> [9] و لوری<sup>11</sup> [10] به بررسی دلایل برون‌سپاری از منظر نیروی انسانی و میزان فعالیت‌های واگذارشده به بیرون پرداخته‌اند و فرآیند تصمیم‌گیری در این زمینه را بررسی کرده‌اند.

میکویسترا و واسل من<sup>12</sup> [11] موضوع برون‌سپاری را نوعی مسئله گسترده تصمیم برای ساخت یا خرید دانسته و به آن از زاویه ساختارهای کنترلی در درون سازمان پرداخته است. ایشان بخش‌های عمده این ساختار را عوامل سازمانی، استراتژیک، فرهنگی و تاریخی دانسته و فعالیت‌های مورد نیاز برای حصول اطمینان و اعتماد از

خدمات، بتوانند سود بیشتری برای سازمان خود به دست بیاورند. شرکت‌های تولیدی می‌کوشند با برون‌سپاری صحیح، فعالیت‌های تولیدی که در زمره شایستگی‌های اصلی سازمان نیستند، با بهره‌گیری از ظرفیت‌های بیرونی علاوه بر کاهش هزینه و افزایش کارایی در بازار رقابت عقب نمانده و با تمرکز بیشتر بر فعالیت‌هایی که در مقایسه با رقبا به عنوان یک مزیت به شمار می‌آید، موقعیت خود را تثبیت و بهبود بخشند. شرکت‌ها سعی می‌کنند از بین تأمین‌کنندگان، گزینه‌ای را انتخاب کنند که بتواند نیازهای برون‌سپاری را به نحو مطلوب تأمین کند [3].

با وجود اینکه برون‌سپاری فعالیت‌ها، امکان ایجاد فرصت‌های بزرگی را برای سازمان فراهم می‌آورد، در عین حال سازمان را با مخاطراتی نیز مواجه می‌کند. اگر سازمان‌ها در برون‌سپاری فعالیت‌ها به اشتباه عمل کنند، شکاف عمیقی در آموزش و پایگاه دانش آن‌ها ایجاد می‌شود که فرصت‌های بعدی را از آنها می‌گیرد. تحقیقات نشان می‌دهد که در صنایع مختلف، زمانی که برخی از کارها برون‌سپاری می‌شود، همکاری‌ها و هماهنگی‌های داخلی از بین رفته و در نتیجه بهره‌وری و کارایی در کارهای باقیمانده کاهش می‌یابد [4]. بنابراین برون‌سپاری فعالیت‌هایی که ارتباط مستقیمی با حیات یک سازمان دارند، کار ساده‌ای نیست و با توجه به پیامدهایی که در پی خواهد داشت، به یک روش قوی و کارآ نیاز دارد. این روش باید بتواند با توجه به مزایا و ریسک‌های متعددی که در برون‌سپاری وجود دارد، ابزاری را در اختیار ما قرار دهد که بتوان با لحاظ معیارهای مختلف در مورد برون‌سپاری تصمیم گرفت. یکی دیگر از مواردی که در برون‌سپاری فعالیت‌ها بسیار پراهمیت است، شرایط تأمین‌کنندگان هر فعالیت است. چه بسا برون‌سپاری یک فعالیت به تأمین‌کننده نامناسب، نه تنها اهداف برون‌سپاری را محقق نکند، بلکه باعث مشکلاتی برای سازمان نیز شود. همچنین برون‌سپاری یک فعالیت بدون توجه به میزان وابستگی آن نسبت به دیگر فعالیت‌ها، باعث ایجاد ناهماهنگی در تولید و بروز دوباره‌کاری و حتی در مواردی عیوب عملکردی در محصول می‌شود.

در این مقاله سعی می‌شود با ارائه یک مدل ترکیبی و در نظر گرفتن موارد ذکرشده، به این سؤال پاسخ داده شود

برای برون‌سپاری تعیین می‌کنند. در این انتخاب عواملی نظیر رقابت‌پذیری، میزان دانش و دارایی‌های درگیر در فعالیت‌ها و فرآیندهای مورد نظر و قابلیت‌های عمومی<sup>21</sup> و منحصر به فرد<sup>22</sup> سازمان در آن حوزه، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بیلی<sup>23</sup> و همکاران [19] در بررسی خود روی سازمان‌ها و کارخانجات منطقه ادینبرگ و لوتیان در اسکاتلند، بیان می‌کنند که 70 درصد از سازمان‌ها، فعالیت‌هایی نظیر نگهداری و تعمیرات، تمیزکاری و تدارک مواد را برون‌سپاری می‌کنند و هدف اصلی آنها کاهش هزینه‌ها و ارتقای کیفیت است.

لوری [10]، دلیل شکست برون‌سپاری فعالیت‌های نت را در مورد یک سازمان بررسی کرده و راه کارهای جدیدی را برای رفع مشکلات ارائه می‌کند. در واقع مشکل اصلی سازمان مورد بررسی این بوده که به بهانه کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری، فعالیت محوری خود را برون‌سپاری کرده و کارکنان با تجربه و متعهد خود را نیز که سال‌ها در زمینه تخصصی سازمان مهارت داشتند، از دست داده بودند.

اکرمی و کریمی [20] موضوع تصمیم‌گیری برای برون‌سپاری فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در یک سازمان دولتی را مورد تحلیل و بررسی قرار داده‌اند. موضوع مورد بررسی این است که آیا ادامه فعالیت‌های نت در داخل سازمان توجیه‌پذیر است، یا اینکه باید از ظرفیت‌های بیرونی سازمان استفاده کرد. آنها با تعیین یک چارچوب مدیریتی برای فعالیت‌های نت یکپارچه، به تشریح وضعیت نت در این سازمان می‌پردازند و در نهایت با توجه به تعدد و تنوع شاخص‌های مؤثر در ارزیابی کیفی و کمی، با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی، یک مدل تصمیم‌گیری درباره برون‌سپاری فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در این سازمان، ارائه می‌دهند.

طالبی و کریمی [21] در تحقیق خود با توجه به ابعاد مختلف برون‌سپاری، میزان اثرگذاری عوامل برون‌سازمانی و عوامل درون‌سازمانی بر تصمیم برون‌سپاری را از نقطه نظر مدیران سطح عالی شرکت‌های تولیدی استان تهران بررسی کرده‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق، نشان از اثرگذاری بیشتر عوامل درون‌سازمانی بر تصمیم برون‌سپاری دارد. ایشان بالاتر بودن این اثرگذاری را نشان‌دهنده این موضوع می‌داند که شرکت‌های مورد

انجام صحیح و رضایت‌بخش امور را در قالب گام‌ها و مراحل مشخص ارائه کرده‌اند.

گایوس و رابینوینس<sup>13</sup> [12] به بررسی مسئله برون‌سپاری از دیدگاه دانش درون‌سازمانی و دانش خارج سازمان پرداخته‌اند و مدلی برای در پیش گرفتن استراتژی مناسب برای برون‌سپاری ارائه کرده‌اند تا علاوه بر حفظ دانش درون‌سازمانی، امکان ارتقای آن و استفاده از دانش خارج سازمان نیز در راستای رسیدن سازمان به اهداف خود میسر شود.

ویدن باوم<sup>14</sup> [13] واکنش سازمان‌های آمریکایی در قبال مسئله برون‌سپاری و میزان به‌کارگیری و تأثیر این مسئله در بخش‌های مختلف صنعت و بازار آمریکا را مورد بررسی قرار داده است و به مشکلات، پیچیدگی‌ها و محدودیت‌هایی که با وجود جذابیت‌های همه‌گیر برون‌سپاری وجود دارد، اشاره کرده است.

راس<sup>15</sup> و همکاران [14] برون‌سپاری را از منظر هزینه‌ها بررسی کرده و تیلز و درازی [15] مبحث بودجه‌بندی سرمایه<sup>16</sup> را در این حوزه مطرح کرده است و آن را در راستای استراتژی‌های مرتبط به تصمیم برای ساخت یا خرید و برون‌سپاری می‌داند. او معتقد است استراتژی در پیش گرفته شده برای برون‌سپاری باید در راستای استراتژی‌های کلان سازمان باشد. در نهایت، مراحل تصمیم‌گیری برون‌سپاری و مدل منبع‌یابی استراتژیک<sup>17</sup> در مطالعه‌ای موردی ارائه شده است.

هوی و تی‌سنگ<sup>18</sup> [16] برون‌سپاری را فقط گزینه‌ای برای نیل به مزایای ذکر شده برای آن نمی‌دانند؛ آنها به روش‌هایی از قبیل درون‌سپاری و تخصیص وظایف به بیرون، علاوه بر برون‌سپاری اشاره کرده و چارچوبی برای در پیش گرفتن هر یک از این استراتژی‌ها در شرایط مشخص، بیان می‌کند. اعتبارسنجی چارچوب نظری ارائه شده، با انجام مصاحبه و عملی کردن آن در برخی سازمان‌ها انجام گرفته است.

پارک و کیم<sup>19</sup> [17] به بررسی تأثیر برون‌سپاری سیستم‌های اطلاعاتی بر کیفیت خدمات و فعالیت‌های نت پرداخته است که در نهایت نشان می‌دهد، برون‌سپاری لزوماً منجر به بهبود کیفیت و خدمات و کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی در درازمدت نمی‌شود.

حفیظ<sup>20</sup> و همکاران [18] با ارائه مدلی مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی، فعالیت‌های غیرمحوری سازمان را

مفهوم تابع زیان در مدل در نظر گرفته شود. بدیهی است لحاظ این هزینه در مدل، نتایج منطقی و نزدیک به شرایط واقعی را به همراه خواهد داشت.

### مدل پیشنهادی

برای تعیین نوع تأمین فعالیت‌ها و در صورت برون‌سپاری، تأمین‌کنندگان آنها یک فرآیند یکپارچه سه مرحله‌ای به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

- مرحله 1: اولویت‌بندی قطعات قابل برون‌سپاری برای برون‌سپاری
- مرحله 2: ارزیابی تأمین‌کنندگان بالقوه
- مرحله 3: مدل‌سازی مسئله به صورت یک مدل برنامه‌ریزی صفر-یک

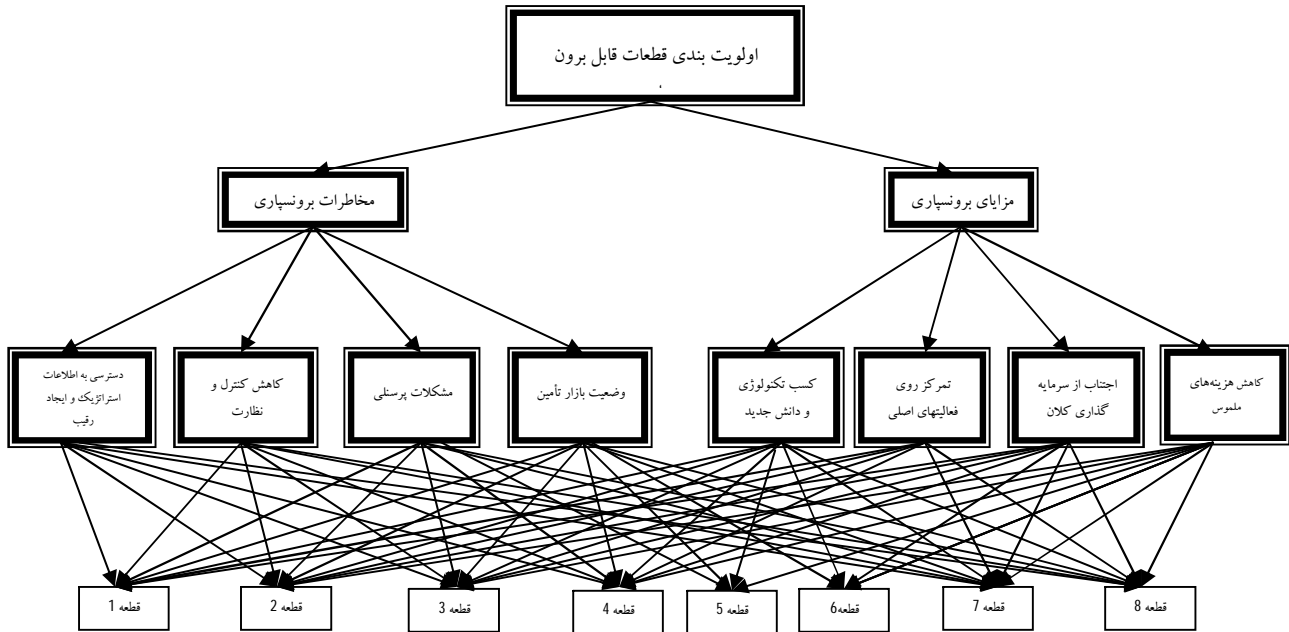
تحقیق، برون‌سپاری فعالیت‌ها به پیمانکاران بیرونی را بیشتر با هدف کاهش هزینه‌های درون‌سازمانی، کاهش رشد کمی پرسنل، تمرکز بر فعالیت‌های کلیدی داخلی و امثال آن به انجام می‌رسانند و کمتر بر عوامل برون‌سازمانی همچون تغییرات در فناوری روز دنیا و رقابت با رقبا، به ویژه رقبا بین‌المللی، تأکید دارند.

در جدول (1) برخی از مدل‌های ارائه‌شده در ادبیات موضوع ارائه شده است.

از آنجا که در مدل‌های برون‌سپاری توسعه داده شده است، به ندرت وابستگی بین قطعات مورد توجه قرار گرفته است. در نظر نگرفتن این ارتباط بین قطعات، شرایط مسئله را دور از واقعیت نشان می‌دهد. در این پژوهش سعی می‌شود که این وابستگی با عنوان هزینه‌های پنهان وابستگی بین قطعات دیده شده و با استفاده از

جدول 1: خلاصه‌ای از رویکردهای برون‌سپاری

مؤلف	سال	نکات کلیدی	کاستی‌های مدل
McIvor [22]	1997	این مدل یک چهارچوب کلی بر اساس سه معیار زیر است: - شایستگی‌های محوری - قابلیت‌ها (داخلی در مقایسه با خارجی) - هزینه (داخلی در مقایسه با خارجی)	- یک مدل کاملاً مفهومی است - در هر مرحله ابزار و روشی برای بررسی و تصمیم‌گیری ارائه نشده است. - مدل ارائه شده برای تمام مسائل مرتبط با تصمیم‌گیری در این حوزه تجویز نمی‌شود و فقط برای اقلام استراتژیک با تمرکز بر ایجاد رابطه شراکتی با تأمین‌کننده منتخب، در نظر گرفته شده است.
Padillo & Diaby [23]	1999	یک متدولوژی چند معیاره هفت مرحله‌ای این متدولوژی شامل مدل مقایسه‌ای است که اهداف زیر را دنبال می‌کند. - هدف پیشینه‌سازی عملکرد استراتژیک رقابتی - پیشینه‌سازی عملکرد مدیریتی - کمینه‌سازی ریسک منبع‌یابی - پیشینه‌سازی عملکرد مالی	- نبود دقت تصمیم‌گیرنده در ارزیابی گزینه‌ها نسبت به معیارهای کیفی منجر به عدم قطعیت در ارزیابی عملکرد عملیاتی و مالی گزینه‌ها می‌شود. - نظر به استفاده مدل از رویکرد سلسله مراتبی با توجه به ماهیت این رویکرد، امکان وجود وابستگی بین معیارها و زیر معیارها در یک سطح یا سطوح مختلف نادیده گرفته می‌شود.
Lonsdale [24]	1999	این مدل با تأکید بر حفظ مزیت‌های رقابتی سازمان موارد زیر را در نظر می‌گیرد: - دوری از بازار تأمین انحصاری - مدیریت ریسک وابستگی به تأمین‌کنندگان	- مدل مفهومی برای مدیریت ریسک برون‌سپاری - در هر مرحله تصمیم‌گیری روشی ارائه نکرده است.
Coman and Ronen [25]	2000	یک مدل برنامه‌ریزی خطی مسئله در حالتی بررسی می‌شود که تقاضای بازار از ظرفیت تولید شرکت فراتر می‌رود. هدف مدل: ماکزیمم کردن سود حاصل از تولید و برون‌سپاری است. محدودیت‌ها شامل: محدودیت تأمین تقاضای بازار برای هر محصول در داخل شرکت و محدودیت منابع	- در این مدل فقط بر مبنای هزینه، آن هم هزینه‌های ظاهری و ملموس تصمیم‌گیری می‌شود. - در این مدل سه گزینه تولید در داخل با منابع موجود، تأمین از بیرون و یا ترکیبی از این دو پیش‌روی سازمان قرار دارد. در حالی که گزینه‌های دیگری همچون سرمایه‌گذاری برای تولید در داخل با توجه به شرایط مسئله از نظر پنهان مانده است.
Kulkarni and Jenamani [26]	2008	یک چارچوب استراتژیک برای تصمیم‌سازی یا خرید بر اساس یک مطالعه موردی در شرکت اتومبیل‌سازی در هند طراحی شده و همزمان سه موضوع هزینه، شایستگی و ریسک را در نظر می‌گیرد.	- تصمیم‌گیری بر اساس معیارهایی چون اهمیت استراتژیک، مزیت رقابتی و ریسک برون‌سپاری به طور کیفی انجام می‌شود.



شکل 1: درخت سلسله مراتب جهت اولویت بندی قطعات قابل برون‌سپاری

به صورت کمی، این فرآیند به عنوان روشی برای تعیین اولویت قطعات قابل برون‌سپاری انتخاب شده است.

اساس روش AHP، بر مقایسه‌های زوجی یا دوبه‌دویی آلترناتیوها و معیارهای تصمیم‌گیری است [28]. این روش با استفاده از یک شبکه سیستمی، شاخص‌های مختلف و ضوابط و معیارهای چندگانه با ساختارهای چندسطحی اولویت‌دار، برای رتبه‌بندی یا تعیین اهمیت گزینه‌های مختلف در یک فرآیند تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. مراحل اصلی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تشکیل درخت سلسله مراتبی و محاسبه وزن عناصر در هر سطح است.

### تشکیل درخت سلسله مراتبی

اولین قدم، تعریف موضوع مورد مطالعه به صورت یک ساختار سلسله‌مراتبی است (شکل 1). سطح اول آن بیانگر هدف تصمیم و سطح آخر آن بیان‌کننده گزینه‌هایی است که با یکدیگر مقایسه می‌شوند و برای انتخاب با یکدیگر در رقابت هستند. سطح میانی این درخت را معیارهایی تشکیل می‌دهند که ملاک مقایسه گزینه‌ها به شمار می‌آیند. این سطح خود می‌تواند از چندین سطح تشکیل شود و معیارها به زیرمعیارها قابل تقسیم هستند. در این مرحله، اولویت‌بندی قطعات معیارهای جبرانی با استفاده از

### اولویت بندی قطعات قابل

#### برون‌سپاری

از جمله ابزارهایی که می‌توان برای دسته‌بندی و اولویت‌بندی قطعات استفاده کرد، رویکرد کراجیک است. کراجیک یک مدل مفهومی برای مدیریت خرید و بر مبنای کمینه‌کردن ریسک تأمین و بیشینه‌کردن قدرت خرید ارائه کرد. در این مدل با استفاده از یک ماتریس  $2 \times 2$  ارقام به چهار دسته استراتژیک، گلوگاهی، اهرمی و عادی تقسیم‌بندی می‌شوند [27]. با وجود کاربرد گسترده این رویکرد در سال‌های اخیر، به ویژه توسط شرکت‌های اروپایی، با توجه به نقطه ضعف این رویکرد در برخورد با قضاوت‌های ذهنی کارشناسان و مدیران، نمی‌تواند به طور مؤثر استفاده شود.

با وجود مزایا و ریسک‌های متعددی که در برون‌سپاری وجود دارد و نیز ماهیت چند معیاره بودن مسئله برون‌سپاری بهره‌گیری از یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره ضروری است. با توجه به مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در امکان به کارگیری متغیرهای کمی و کیفی در سطح کلان، ارائه یک رویکرد سیستماتیک برای تعریف و ساختاردهی مسئله، دریافت ترجیحات از طریق مقایسه‌های زوجی، انجام تحلیل حساسیت برای کسب اطمینان از مدل و ارائه نتیجه نهایی

## ارزیابی تأمین کنندگان بالقوه

موضوع انتخاب تأمین کنندگان و برقراری ارتباط مؤثر با آنها و مدیریت این روابط، از جمله مواردی است که تأثیر بسزایی در نتیجه حاصل از برون سپاری فعالیتها خواهد داشت [18]. به دلیل وجود معیارهای متعدد برای ارزیابی و توجه به این موضوع که این معیارها، واحد اندازه گیری یکسانی ندارند، از روش تابع زیان تاگوچی برای ارزیابی استفاده شده است. در این روش، نتایج ارزیابی در هر معیار به صورت زیان نشان داده می شود. همچنین به این دلیل که تابع زیان، یک تابع غیرخطی و درجه دو است، مقدار زیان به طور فزاینده ای بسته به مقدار انحراف از هدف، افزایش می یابد؛ این موضوع باعث می شود مقادیر بزرگ تر به سنجه هایی اختصاص یابد که انحراف کمتری از مقدار هدف را نشان می دهند و دقت تصمیم گیری افزایش یابد.

تاگوچی [29] نشان داد که انحراف از مقدار هدف یک مشخصه، منجر به بروز یک مقدار زیان می شود و کیفیت بالای یک مشخصه هنگامی اتفاق می افتد که این انحراف حداقل باشد و هنگامی که مقدار مشخصه برابر مقدار هدف باشد، زیان برابر صفر است. در سایر حالات، زیان حاصله به کمک یک تابع درجه دو قابل اندازه گیری است. بدین منظور تاگوچی سه نوع تابع زیان پیشنهاد کرد:

$$L(X) = k(x-t)^2 \quad (1)$$

تابع زیان یک طرفه با حد مشخصه بالا:

$$L(X) = K X^2 \quad (2)$$

تابع زیان یک طرفه با حد مشخصه پایین:

$$L(X) = K \left( \frac{1}{X^2} \right) \quad (3)$$

در رابطه بالا،  $t$  و  $k$  به ترتیب نشان دهنده مقدار هدف مشخصه و ضریب زیان است و  $L(X)$  زیان مشخصه در مقدار  $x$  را نشان می دهد.

برای ارزیابی تأمین کنندگان به کمک تابع زیان تاگوچی، باید نوع تابع زیان هر معیار بر اساس نیازمندی های سازمان تعیین شود.

پس از آنکه تابع زیان هر مشخصه برای هر یک از قطعات تعیین شد، تأمین کنندگان هر قطعه به کمک توابع زیان هر مشخصه، مورد ارزیابی قرار می گیرند.

مطالعات قبلی و با نظرسنجی از افراد خبره تعیین می شود. معیارهای جبرانی، معیارهایی است که ضعف در یک معیار توسط قوت در معیار دیگر می تواند پوشش داده شود. این معیارها به دو دسته کلی مزایای برون سپاری و مخاطرات برون سپاری تقسیم می شوند:

مزایای برون سپاری: معیارهایی که در این دسته قرار دارند، معیارهایی هستند که پشتیبان و مشوق تصمیم برون سپاری برای گزینه مورد نظر هستند و به عنوان عوامل مثبت و محرک برون سپاری در نظر گرفته می شوند که شامل کاهش هزینه های ملموس، اجتناب از سرمایه گذاری کلان، تمرکز روی فعالیت های اصلی، کسب تکنولوژی و دانش جدید است.

مخاطرات برون سپاری: معیارهایی که در این دسته قرار دارند، معیارهایی هستند که گزینه مقابل برون سپاری یعنی درون سپاری را تقویت می کنند و به عنوان عوامل منفی و بازدارنده برای برون سپاری در نظر گرفته می شوند که شامل وضعیت بازار تأمین، مشکلات پرسنلی ناشی از برون سپاری، کاهش کنترل و نظارت، دسترسی به اطلاعات استراتژیک و ایجاد رقیب است.

## محاسبه وزن عناصر در هر سطح

در این مرحله، مقایسه های زوجی معیارها و مقایسه های زوجی جایگزین ها با توجه به هر معیار بر مبنای اهمیتی که معیارها یا جایگزین ها نسبت به یکدیگر دارند، به کمک مقیاس 1 تا 9 ساعتی، انجام می شود. سپس با توجه به ماتریس های مقایسه های زوجی، بردارهای وزن هر ماتریس که نشان دهنده وزن نسبی<sup>24</sup> عناصر آن است، تعیین می شود. ساعتی روش بردار ویژه را برای استخراج وزن های ماتریس مقایسه های زوجی پیشنهاد می نماید [25].

## محاسبه وزن گزینه ها

در این مرحله با توجه به بردارهای اهمیت نسبی محاسبه شده برای عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه در سطح بالاتر و تلفیق آنها از طریق ضرب اهمیت نسبی هر عنصر در اهمیت عناصر مرتبط در سطوح بالاتر، وزن نهایی<sup>25</sup> هر گزینه محاسبه می شود.

$Ca_r$ : ظرفیت موجود منبع  $r$ .  $r = 1, 2, \dots, R$   
 $L_{ij}^k$ : زیان حاصل از وابستگی بین دو قطعه  $i$  و  $j$  با سناریوی تأمین  $k$   
 متغیرهای تصمیم:

$X_{is} = 1$ : در صورتی که قطعه  $i$  توسط تأمین‌کننده  $s$  تأمین شود و در غیر این صورت برابر صفر است.  
 $Y_{ij}$ : هزینه وابستگی حاصل از سناریوی انتخابی برای تأمین دو قطعه  $i$  و  $j$  که به صورت زیان در نظر گرفته شده است. با توجه به میزان ارتباط و وابستگی یک قطعه با دیگر قطعات در محصول و به دنبال آن هماهنگی‌ها و ملاحظات آن که حین تولید دو قطعه برای دستیابی به عملکرد مطلوب باید در نظر گرفته شود، تأمین دو قطعه توسط تأمین‌کنندگان مختلف به دلیل نبود توجه به این موارد، هزینه‌هایی را در کوتاه‌مدت یا بلندمدت در پی دارد. روشن است، در مواردی که تأمین‌کننده دو قطعه یکسان باشد، با تعریف شرایط مشتری در قرارداد، این هزینه قابل جبران است.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^N (1-w_i) L_{i0} X_{i0} + w_i \sum_{s \in S_i} L_{is} X_{is} + \sum_{i=1}^N \sum_{j>i}^N Y_{ij} \quad (6)$$

Subject to:

$$\sum_{s \in S_i} X_{is} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N a_{ir} X_{i0} \leq Ca_r \quad r = 1, 2, \dots, R \quad (8)$$

$$Y_{ij} \geq L_{ij}^2 (X_{is} + X_{jt} - 1) \quad s \in S_i, t \in S_j \text{ \& } t \neq s \quad (9)$$

$$X_{is} \in \{0, 1\}, Y_{ij} \geq 0 \quad i, j = 1, 2, \dots, N, s \in S_i \quad (10)$$

رابطه 6 تابع هدف مدل را نشان می‌دهد که از دو قسمت تشکیل شده است. قسمت اول، مجموع زیان تاگوچی حاصل از تأمین قطعه و قسمت دوم، هزینه وابستگی بین قطعه با دیگر قطعات را نشان می‌دهد. با توجه به مشکلات موجود در ارتباط و هماهنگی با چندین تأمین‌کننده در مورد یک قطعه و نیز مسائل مدیریتی در مراحل تدارک و تولید محصول، تصمیم‌گیرنده ترجیح می‌دهد همه نیاز خود را از یک تأمین‌کننده، تأمین کند. رابطه 7 بیان می‌کند که هر قطعه فقط توسط یک تأمین‌کننده باید تأمین شود.

شرکت برای تولید قطعات در برخی از منابع مورد نیاز با محدودیت مواجه است. بنابراین در نظر گرفتن این محدودیت در مدل، با توجه به اینکه یکی از اهداف مدل

مجموع زیان ناشی از تأمین هر قطعه توسط هر تأمین‌کننده با استفاده از رابطه 4 محاسبه می‌شود:

$$L_{is} = \sum_{K=1}^4 L_{is}^k \quad (4)$$

$L_{is}$ : زیان حاصل از تأمین قطعه  $i$  توسط تأمین‌کننده  $s$   
 $L_{is}^k$ : زیان حاصل از تأمین قطعه  $i$  توسط تأمین‌کننده  $s$  نسبت به مشخصه  $k$

## مدل برنامه‌ریزی خطی

پس از ارزیابی تأمین‌کنندگان بالقوه، در صورتی که محدودیتی از قبیل اختلاف در اولویت هر قطعه برای برون‌سپاری، ظرفیت منابع داخل و وابستگی قطعات به یکدیگر در نظر گرفته نشود، تأمین‌کننده با حداقل زیان در مورد هر قطعه به عنوان مناسب‌ترین تأمین‌کننده انتخاب می‌شود. در غیر این صورت دیگر تأمین‌کنندگان نیز باید در فرآیند انتخاب وارد شوند. بنابراین مسئله پیش رو، تعیین نوع تأمین و ترکیب بهینه از تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن محدودیت‌های ذکر شده است. این موضوع به صورت یک مسئله برنامه‌ریزی ریاضی مدل و نمادهای زیر در مدل به کار گرفته شده است:

$N$ : تعداد قطعات قابل برون‌سپاری

$M$ : تعداد تأمین‌کنندگان بالقوه شناسایی شده

$$S_i = \{s_j | s_j \in \{0, 1, \dots, M\}\}$$

تأمین‌کنندگان بالقوه برای قطعه  $i$

$S_i = 0$ : اگر قطعه  $i$  در داخل شرکت تولید شود؛ در غیر این صورت توسط تأمین‌کنندگان بیرونی تأمین می‌شود.

$k = \{1, 2\}$ : سناریوی تأمین دو قطعه. اگر  $k = 1$  تأمین‌کننده دو قطعه، یکسان باشد و  $k = 2$ ، اگر تأمین‌کنندگان دو قطعه یکسان نباشد.

$w_i$ : وزن قطعه  $i$  برای برون‌سپاری از رابطه 5 به دست می‌آید:

$$w_i = \frac{P_i}{N+1} \quad (5)$$

$P_i$ : اولویت قطعه  $i$  برای برون‌سپاری حاصل از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی

$a_{ir}$ : میزان منبع  $r$  مورد نیاز برای تولید قطعه  $i$  در داخل شرکت

$R$ : تعداد منابع داخلی

تأمین‌کننده در حین تولید در نظر گرفته شده و می‌توان این ملاحظات را در قراردادی که بین شرکت و تأمین‌کننده منعقد می‌شود، در نظر گرفت. ولی با افزایش میزان وابستگی بین دو قطعه، زیان حاصل از وابستگی بین دو قطعه، در صورت تأمین توسط دو تأمین‌کننده مختلف، افزایش می‌یابد و این زیان هنگامی حداکثر می‌شود که وابستگی بین دو قطعه قطعی باشد؛ یعنی زیان حاصل از تأمین دو قطعه با درجه وابستگی قطعی از دو تأمین‌کننده مختلف 100% است. بنابراین در صورت وابستگی قطعی دو قطعه به یکدیگر از همان ابتدا این دو قطعه به صورت یک قطعه مستقل در مدل در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به این توضیحات، تابع زیان حاصل از وابستگی بین دو قطعه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$L_{ij}^k$ : زیان حاصل از وابستگی بین دو قطعه  $i$  و  $j$  با سناریوی  $k$

$$L_{ij}^1 = 0 \quad (11)$$

$$L_{ij}^2 = K(R_{ij})^2 \quad (12)$$

$$(13)$$

$$\text{if } R_{ij}=9 \text{ then } L_{ij}^2=100\% \rightarrow K = \frac{L_{ij}^2}{(R_{ij})^2} \rightarrow K = \frac{1}{81}$$

همانگونه که قبلاً گفته شد، در تعیین زیان وابستگی بین دو قطعه، فرض شده است که زیان صفر در صورت تأمین دو قطعه توسط یک تأمین‌کننده و یا نبود وابستگی بین دو قطعه اتفاق می‌افتد. در صورت وجود وابستگی بین دو قطعه، زیان حاصل از وابستگی در صورت تأمین از دو تأمین‌کننده مختلف، از تابع زیان تاگوجی پیروی می‌کند که با افزایش وابستگی بین دو قطعه، زیان طبق رابطه تاگوجی با توان دوم میزان وابستگی تغییر می‌کند.

## حل مسئله و تحلیل حساسیت

### تعریف مسئله

مدل پیشنهادی در مورد تأمین قطعات مجموعه BEAR BLOCK کمپرسور CNG به کار گرفته شده است. این مجموعه از 15 قطعه تشکیل شده است. تولیدکننده با توجه به منابع، اهداف و استراتژی‌های سازمان، 8 قطعه از این محصول را بالقوه برای برون‌سپاری تشخیص داده است. این قطعات در این مقاله با نام قطعه 1، قطعه 2، قطعه 3، ... و قطعه 8 نشان داده شده است. تولیدکننده با توجه به شرایط تأمین‌کنندگان بالقوه هر

تصمیم‌گیری نوع تأمین (درون‌سپاری یا برون‌سپاری) است، ضروری است. رابطه 8 بیان می‌کند که مجموع منابع مورد نیاز برای تولید قطعات نباید از منابع در دسترس بیشتر باشد.

از موارد بسیار مهم که در تعیین نوع تأمین قطعات باید مورد توجه قرار گیرد، میزان ارتباط موجود و هماهنگی مورد نیاز بین قطعات است. هنگام تصمیم‌گیری در مورد نوع تأمین هر قطعه، باید اثرات تصمیم بر قطعات دیگر مورد توجه قرار گیرد. این تأثیرات از نظر میزان ارتباط دو قطعه در یک محصول یا وابستگی عملکردی دو قطعه، می‌تواند قابل ملاحظه باشد؛ چه بسا دو قطعه که توسط دو تأمین‌کننده مختلف ساخته شود، هنگام نصب و مونتاژ محصول و حتی پس از نصب باعث بروز مشکلاتی از قبیل دوباره‌کاری، ارجاع و یا عملکرد بد محصول شود. بدین منظور و برای کاهش زیان ناشی از وجود ارتباط و وابستگی بین قطعات، رابطه 9 در مدل لحاظ شده است. در اینجا فرض شده است که زیان حاصل از تأمین دو قطعه با درجه وابستگی قطعی توسط دو تأمین‌کننده مختلف، حداکثر (100%) است و با کاهش میزان وابستگی از مقدار زیان کاسته می‌شود.

برای تعیین تابع زیان حاصل از وابستگی بین دو قطعه، ابتدا میزان وابستگی بین دو قطعه به صورت نسبی و با استفاده از مقیاس جدول (2)، توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود.

جدول 2: جدول مقیاس میزان وابستگی بین قطعه  $i$  و  $j$  ( $R_{ij}$ )

ارزش	تفسیر
0	عدم ارتباط و وابستگی
3	وابستگی ضعیف
5	وابستگی قوی
7	وابستگی خیلی قوی
9	وابستگی قطعی
2,4,6,8	وابستگی متوسط بین مقیاس‌های مجاور

در صورت نبود وابستگی دو قطعه، زیان حاصل از وابستگی برابر صفر در نظر گرفته می‌شود. همچنین زیان حاصل از وابستگی بین دو قطعه در صورت تأمین توسط یک تأمین‌کننده با هر میزان وابستگی، برابر صفر فرض می‌شود. این فرض بدین دلیل است که در صورت تأمین دو قطعه توسط یک تأمین‌کننده، ملاحظات که باعث وابستگی بین دو قطعه شده است، همزمان توسط



کرده است. بنابراین تابع زیان یک طرفه با ماکزیمم مقدار مشخصه برای اندازه‌گیری زیان حاصل از معیار قیمت، قابل کاربرد است. در خصوص معیار کیفیت در این مقاله، کیفیت قطعات مدنظر قرار گرفته است. به طور کلی، سطح کیفیت نسبت عکس با نرخ قطعات معیوب دارد. بنابراین سطح کیفیت بالا، معادل نرخ پایین قطعات معیوب است. بنابراین تابع مناسب برای محاسبه زیان حاصل از این مشخصه، تابع زیان یک طرفه با ماکزیمم مقدار مشخصه است. ایده‌آل شرکت، نرخ معیوب صفر بوده که در این حالت زیان برابر صفر است. حداکثر نرخ معیوب قابل قبول از طرف مدیریت 2% اعلام شده است. این مقدار به عنوان حد بالای مشخصه و میزان انحراف مجاز از مقدار هدف در نظر گرفته شده است؛ بنابراین زیان 100% وقتی اتفاق می‌افتد که نرخ قطعات معیوب حداقل برابر این مقدار باشد. با جایگزینی مقادیر ذکر شده در رابطه ریاضی تابع زیان، ضریب زیان به این صورت محاسبه می‌شود:

$$L(x) = kx^2 \rightarrow 100\% = k(2\%)^2 \rightarrow k = 2500$$

در ارتباط با زمان تحویل، مشتری علاقه‌مند است که قطعه را هنگامی که به آن نیاز دارد (نه زودتر و نه دیرتر) در اختیار داشته باشد. تحویل قطعه زودتر از زمان مورد نیاز، هزینه نگهداری در پی داشته و در مقابل تحویل دیرتر از موعد، هزینه کمبود به همراه خواهد داشت. بنابراین تابع زیان مناسب برای استفاده در مورد این مشخصه، یک تابع زیان دوطرفه است. از آنجایی که اغلب هزینه‌های ناشی از تحویل دیرتر از موعد به دلیل اخلاص در تولید محصول و به دنبال آن تأخیر در تحویل محصول، بیشتر از هزینه‌های موجودی برآورد می‌شود، اغلب یک تابع زیان دوطرفه نامتعادل در این مورد مطرح است. در مورد این مشخصه، ایده‌آل شرکت، تحویل به موقع قطعه بوده و میزان مجاز انحراف بیش از مقدار هدف و به عبارتی دیرکرد 3 روز و میزان مجاز انحراف کمتر از مقدار هدف و به عبارتی زودکرد، 5 روز تعیین شده است. برای مثال تابع زیان قطعه‌ای که مدت زمان ایده‌آل تحویل آن 20 روز پس از سفارش تعیین شده است، به صورت زیر است که با توجه به حدود تعیین شده بالا ضرایب زیان به این صورت محاسبه می‌شود:

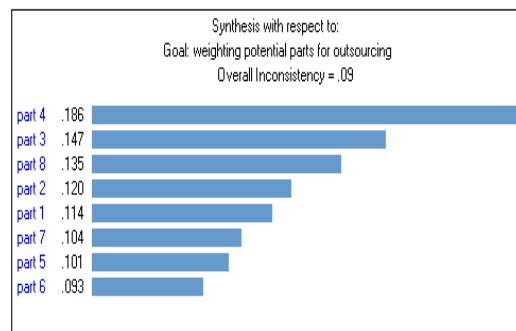
$$L(x) = k_1(x-20)^2 \rightarrow 100\% = k_1(5)^2 \rightarrow k_1 = 4 \quad x \leq 20$$

$$L(x) = k_2(x-20)^2 \rightarrow 100\% = k_2(3)^2 \rightarrow k_2 = 11.11 \quad x > 20$$

قطعه که خود نیز یکی از آنها است و ارتباط و وابستگی موجود بین قطعات و همچنین محدودیت منابع داخلی در مرحله تصمیم‌گیری با این مسئله مواجه است که کدام قطعه را خود تولید کند و کدام قطعه را برون‌سپاری کند و به چه تأمین‌کننده‌ای سفارش دهد؟

## اولویت‌بندی قطعات قابل برون‌سپاری

ابتدا قطعات بالقوه برای برون‌سپاری با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌بندی می‌شود. نتیجه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در شکل (2) ارائه شده است.



شکل 2: اولویت قطعات برای برون‌سپاری به کمک AHP

به کمک رابطه 5، وزن قطعات برای برون‌سپاری به عنوان یکی از پارامترهای تابع هدف تعیین می‌شود (جدول 3).

جدول 3: وزن قطعات قابل برون‌سپاری

قطعه	قطعه	قطعه	قطعه	قطعه	قطعه	قطعه	قطعه	قطعه
i	8	7	6	5	4	3	2	1
$W_i$	003	067	067	078	011	022	044	056

## ارزیابی تأمین‌کنندگان

در این مرحله، با استفاده از نظرات خبره و بررسی ادبیات [30]، چهار معیار قیمت، کیفیت، زمان تحویل و هزینه تدارک به عنوان معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان انتخاب شده است.

در رابطه با معیار قیمت، خریدار، در صورتی که سایر شرایط یکسان باشد، تمایل به خرید از تأمین‌کننده‌ای دارد که قیمت کمتری پیشنهاد می‌دهد. بنابراین زیان صفر در صورت خرید از تأمین‌کننده‌ای که کمترین قیمت را پیشنهاد می‌دهد، اتفاق می‌افتد. هر قدر قیمت پیشنهادی از سوی تأمین‌کننده بیشتر از کمترین قیمت باشد، زیان افزایش می‌یابد و زیان 100% زمانی اتفاق می‌افتد که قیمت، حداقل برابر حداکثر قیمتی باشد که خریدار تعیین

برنامه‌ریزی ریاضی ارائه می‌شود. در این مطالعه موردی، تولیدکننده در 5 منبع مورد نیاز ساخت قطعات با محدودیت ظرفیت روبه‌روست. میزان مورد نیاز هر 5 منبع برای تولید هر قطعه و میزان ظرفیت در دسترس از آن در جدول (5) نشان داده شده است.

جدول 5: میزان منبع مورد نیاز برای تولید هر قطعه در داخل

ظرفیت در دسترس	قطعه 1	قطعه 2	قطعه 3	قطعه 4	قطعه 5	قطعه 6	قطعه 7	قطعه 8
منبع 1	2	3		1		4		1
منبع 2			1		2		3	2
منبع 3	1		5	2			4	
منبع 4		2		3	1	1		3
منبع 5	4	1					1	

همان طور که در بخش 3-3 اشاره شده است، برای محاسبه هزینه وابستگی بین دو قطعه، نیازمند تعیین میزان وابستگی بین آنها است. این وابستگی با استفاده از مقیاس ارائه‌شده در جدول (2) در بخش 3-3 توسط خبره تعیین و در جدول (6) ارائه شده است.

مدل برنامه‌ریزی در نرم‌افزار لینگو 8 کدنویسی و اجرا شد که جواب مدل در جدول 7 ارائه شده است. با توجه به میزان وابستگی قطعات اختصاص قطعات 1، 4 و 8 به تأمین‌کننده 9 و قطعات 5، 2 و 7 توسط تأمین‌کننده 7 منطقی به نظر می‌رسد. همچنین قطعه 3 و 6 به ترتیب به تأمین‌کنندگان 6 و 4 سپرده شده است.

جدول 6: ماتریس وابستگی بین قطعات

قطعه 8	قطعه 7	قطعه 6	قطعه 5	قطعه 4	قطعه 3	قطعه 2	قطعه 1
قطعه 1	0	3	0	5	0	0	0
قطعه 2		0	0	3	5	0	7
قطعه 3			0	0	3	5	0
قطعه 4				0	0	3	0
قطعه 5					0	0	3
قطعه 6						0	5
قطعه 7							0
قطعه 8							0

جدول 7: جواب مدل برنامه‌ریزی

مقدار	متغیر
1	$X_{19}$
1	$X_{27}$
1	$X_{36}$
1	$X_{49}$
1	$X_{57}$
1	$X_{64}$
1	$X_{77}$
1	$X_{89}$

در این مطالعه هزینه‌های تدارک ناشی از انتقال قطعه به شرکت به عنوان معیار ارزیابی مورد نظر است. این نوع هزینه، ارتباط مستقیمی با موقعیت تأمین‌کننده نسبت به شرکت دارد. به گونه‌ای که هر چه فاصله تأمین‌کننده نسبت به شرکت نزدیک‌تر باشد، هزینه حمل و نقل کالا کمتر است. بنابراین تابع زیان مناسب برای این مشخصه، تابع یک طرفه با ماکزیمم مقدار مشخصه است. حداقل زیان در فاصله نزدیک‌ترین تأمین‌کننده به شرکت اتفاق می‌افتد و ماکزیمم زیان، مربوط به تأمین‌کننده‌ای است که بیشترین مسافت را نسبت به شرکت دارد.

پس از تعیین نوع تابع زیان هر معیار، تأمین‌کنندگان بالقوه برای تأمین هر قطعه نسبت به هر معیار، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در این مرحله 12 تأمین‌کننده که هر یک تأمین‌کننده یک یا چند قطعه هستند، شناسایی و به کمک تابع زیان تاگوچی نسبت به هر معیار ارزیابی شدند. نتایج ارزیابی در جدول (4) منعکس شده است.

جدول 4: مجموع زیان تاگوچی تأمین هر قطعه توسط

تأمین‌کنندگان

قطعه 1	قطعه 2	قطعه 3	قطعه 4	قطعه 5	قطعه 6	قطعه 7	قطعه 8
S1	012	013	015	011	012	000	
S2		047		003		018	0
S3	000		017		045		035
S3		023		039		015	111
S4		017	021		053		015
S5					006	022	
S6	010	011		016			019
S7			031		024	057	026
S8		029		021	050		027
S9		040	052	091			018
S10			034		045		051
S11	036		058	034	066		025
S12		022			021		033

## مدل برنامه‌ریزی

در این مرحله با استفاده از نتایج مراحل قبل و با توجه به محدودیت‌های شرکت از قبیل محدودیت منابع و وابستگی بین قطعات، مسئله به صورت یک مدل

شدن وابستگی بین آنها، جواب تغییر نکرده است؛ نتایج حاصله در حالت  $R_{12} = 7$  تصدیق‌کننده این مطلب است.

### نتیجه‌گیری

در این مقاله با بررسی ادبیات موضوع در زمینه برون‌سپاری در زنجیره تأمین و شناسایی کاستی‌های مدل‌های ارائه‌شده، یک مدل ترکیبی برای پاسخ به این سؤال که یک شرکت تولیدی برای ساخت یک محصول چه قطعاتی را و به چه تأمین‌کننده‌ای برون‌سپاری کند، ارائه شد. در این مدل برای اولویت‌بندی قطعات برای برون‌سپاری از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. در مرحله بعد تأمین‌کنندگان هر قطعه نسبت به چهار معیار انتخابی قیمت، کیفیت، زمان تحویل و هزینه‌های تدارک، به کمک تابع زیان تاگوچی ارزیابی شدند. در نظر گرفتن هزینه وابستگی بین قطعات به عنوان موضوع بسیار مهمی که در مطالعات گذشته توجهی به آن نشده بود، در مدل پیشنهادی لحاظ شد. در ادامه مسئله با استفاده از نتایج فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و تابع زیان تاگوچی برای تأمین همزمان نوع تأمین و تأمین‌کننده مناسب، در قالب یک مدل برنامه‌ریزی صفر-یک ارائه شد؛ به گونه‌ای که مجموع زیان حاصل از انتخاب تأمین‌کننده و وابستگی بین قطعات حداقل شود. مدل پیشنهادی در قالب یک مطالعه موردی بررسی و نتایج آن تحلیل شد. در پایان، حساسیت مدل نسبت به پارامتر میزان وابستگی بین قطعات مورد ارزیابی قرار گرفت.

### تحلیل حساسیت

برای اعتبارسنجی و صحه‌گذاری مدل پس از حل آن و تعیین همزمان نوع تأمین و تأمین‌کننده مناسب، میزان حساسیت خروجی مدل نسبت به تغییر میزان وابستگی دو قطعه، به عنوان یکی از پارامترهای ورودی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس، مدل پیشنهادی برای سه حالت مختلف که میزان وابستگی بین قطعه 1 و 2 به ترتیب 3 و 7 تعیین شده است، اجرا شد که نتایج آن در جدول (8) نشان داده شده است.

جدول 8: جواب حاصل از حل مدل در حالات مختلف

$R_{12} = 3$		$R_{12} = 5$		$R_{12} = 7$	
Variable	Value	Variable	Value	Variable	Value
$X_{19}$	1	$X_{10}$	1	$X_{10}$	1
$X_{27}$	1	$X_{20}$	1	$X_{20}$	1
$X_{36}$	1	$X_{38}$	1	$X_{38}$	1
$X_{49}$	1	$X_{40}$	1	$X_{40}$	1
$X_{57}$	1	$X_{58}$	1	$X_{58}$	1
$X_{64}$	1	$X_{64}$	1	$X_{64}$	1
$X_{77}$	1	$X_{70}$	1	$X_{70}$	1
$X_{89}$	1	$X_{88}$	1	$X_{88}$	1

مشاهده می‌شود که با قوی‌تر شدن رابطه، وابستگی بین دو قطعه 1 و 2 ( $R_{12} = 3$  به  $R_{12} = 5$ )، تأمین این دو قطعه به تأمین‌کننده یکسان (ساخت داخل) واگذار شده است و با قوی‌تر

### مراجع

- 1- <http://www.kennedyinfo.com>
- 2- <http://www.idj.net>
- 3- Razmi J., Amalnik MS and Hashemi M, "Supplier selection using fuzzy Analytic Network Process." *Journal of Faculty of Engineering*, Vol. 42, No. 7, pp. 935-946.
- 4- Kremic, T. Tukel, O. and Rom, W. "Outsourcing decision support: a survey of benefits, risks and decision factors". *Supply chain management: An international journal*. Vol. 11, No. 6, PP. 467-482, 2006.
- 5- Rodriguez, T.F. and Robaina, V. "Outsourcing and its effect on operational objectives and performance: a study of hotels in the Ganary Island". *Hospitality management*. Vol. 23, PP. 287-306, 2004.
- 6- Van Mieghem, J.A. "Coordinating investment, production and subcontracting", *Management Science*, Vol. 45, No. 7, 1999.
- 7- Shaw, S. & Fair, H. "Outsourcing the hr function-personal threat or valuable opportunity?", *Strategic Change*. Vol. 6, 1997.
- 8- Gilley, K.M., Rasheed, a. "Making more by doing less: analyzing of outsourcing and its effects on firm performance", *Journal of Management*, Vol. 26, No. 4, 2000.

- 
- 9- Harkins, Ph. "farmout –and reap a rich harvest", *HR MAGAZINE*, December, PP. 75-9, 1995.
  - 10- Levery, M. "Motivating maintenance craftsmen – do we know what we are doing?". *IEE's Engineering Management magazine*. June/July PP. 1-21.
  - 11- Meer-Kooistra J., Vosselman E. D. "Management control of inter-firm transactional relationships: the case of industrial renovation and maintenance", *Journal of Accounting, Organization and Society*, Vol. 51, PP. 51-77, 2000.
  - 12- Gavius A., Rabinowitz. G., "Optimal knowledge outsourcing model", *Omega*, Vol. 31, PP. 451-457, 2003.
  - 13- Weidenbaum M. "Outsourcing: Pros and cons", *Business Horizons*, Vol. 48, PP. 311-315, 2005.
  - 14- Ross Jr. W. T., Dalsace F., Anderson E., "Should you set up your own sales force or should you outsource it? Pitfalls in the standard analysis", *Business Horiz-ons*, Vol. 48, PP. 23-36, 2005.
  - 15- Tayles, M. and Drury, G. "Moving from make and buy to strategic sourcing: the outsource decision process". *Long Range Planning*. Vol. 34, PP. 605-622, 2001.
  - 16- Hui E. Y.Y., Tsang A.H.C. , "Sourcing strategies of facilities management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 10, PP. 85-92, 2004.
  - 17- Park J., Kim J. "The impact of IS sourcing type on service quality and maintenance efforts", *Information & Management*, Vol. 42, No. 2, PP. 261-274, 2005.
  - 18- Hafeez K., Malak N., Zhang Y.B. "Outsourcing non-core assets and competences of e firm using analytic hierarchy process", *Computers & Operations research*, Vol. 34, PP. 3592-3608, 2007.
  - 19- Bailey W., Masson R., Raeside R. "Outsourcing in Edinburgh and the Lothians", *European Journal of Purchasing & Supply Management*. Vol. 8, PP. 83-95, 2002.
  - 20- Akrami H and Karimi B, "Outsourcing, Evaluating the selected studies and provide a theoretical framework and systematic approach, A case study, The second conference on logistics and supply chain, 2005.
  - 21- Talebi D and Mohammadkarimi I, "Effective Factors on Outsourcing" The fifth international conference on industrial Engineering, Iran Science and Technology University, 2006.
  - 22- McIvor, R.T. Humphreys, P.K. and McAleer, W.E. "strategic models for the formulation of effective makes or buy decision". *Management Decision*. Vol. 35, No. 2, PP. 169-178, 1997.
  - 23- Padillo, M.J. And Diaby, M. "A multiple-criteria decision methodology for the make-or-buy problem". *International Journal Of Production Research*. Vol. 37, No. 14, PP. 3203-3229, 1999.
  - 24- Lonsdale, C. "Effectively managing vertical supply relationship: a risk management model for outsourcing". *Supply chain management: An international journal*. Vol. 4, No. 4, PP. 176-183, 1999.
  - 25- Coman, A. and Ronen, B. "Production outsourcing: a linear programming model for the Theory-Of-Constraints". *International Journal of Production Research*. Vol. 38, No. 7, PP. 1631-1639, 2000.
  - 26- Kulkarni, S.V. and Jenamani, M. "Make or buy: A case study at an India automobile company". *Strategic Outsourcing: An international Journal*. Vol. 1, No. 3, PP. 268-287, 2008.
  - 27- Kraljic, P. (1983). "Purchasing must become supply management", *Harvard Business Review*, 61(5), 109-117.
  - 28- Ghodsipour H, Analytic Hierarchical Process, Amirkabir University Publishing, 26- 1999.
  - 29- Bryan Kethley, R. "Using Taguchi Loss Function to Develop a single Objective Function in a Multi-Criteria Context: A Scheduling Example", *International Journal of Information and management Sciences*. Vol. 19, No. 4, pp. 589-600, 2008.
-

- 30- Razmi J., Rabbani M., Rezaie K. and Karbasian S. (2005). "Introducing a decision support system for suppliers evaluation, selection and planning." *Journal of Faculty of Engineering*, Vol. 38, No. 5, pp. 693-708.

### واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1- IDG
- 2- Business Process Outsourcing (BPO)
- 3- Externalisation
- 4- Make or Buy
- 5- Integration/disintegration
- 6- Sub Contracting
- 7- Van Mieghem
- 8- Shaw and Fair
- 9- Gilley and Rasheed
- 10- Harkins
- 11- Levery
- 12- Meer-kooistra and Vosselman
- 13- Gavius and Rabinowitz
- 14- Weidenbaum
- 15- Ross
- 16- Capital Budgeting
- 17- Strategic Sourcing Model
- 18- Hui and Tsang
- 19- Park and Kim
- 20- Hafeez
- 21- Collectiveness
- 22- Uniqueness
- 23- Bailey
- 24- Local Priority
- 25- Overall Priority