

انتخاب پروژه‌های مطلوب در بنگاه‌های اقتصادی حمل‌ونقلی با استفاده از روش تصمیم‌گیری برناردو

رحیم کریم‌زاده فرد، دانش آموخته دانشکده صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
E-mail:rahim376@yahoo.com

چکیده

شرکت‌های حمل‌ونقلی عمدتاً در تخصیص منابع در دسترس، به پروژه‌های پیشنهادی حمل بار دارای محدودیت هستند. آن چه برای این شرکتها دارای اهمیت است، مشارکت در فعالیت‌هایی است که اهداف اقتصادی مورد نظر را تأمین کرده و شرکت را در بهترین شرایط سوددهی قرار دهد. در این تحقیق، با استفاده از فن دلفی شاخص‌های انتخاب پروژه‌های مطلوب در بنگاه‌های حمل‌ونقلی تعیین شده و سپس پروژه‌های پیشنهادی به یک شرکت حمل و نقل، و توان موجود در آن شرکت مورد بررسی قرار گرفته است. آنگاه با استفاده از روش تصمیم‌گیری برناردو (چند شاخصه گروهی با مقیاس رتبه‌ای) و با در نظر گرفتن معیارهای تعیین شده، یک مدل ریاضی برای انتخاب پروژه یا پروژه‌های برتر ارائه شده است، که بعد از حل این مدل با نرم افزار، پاسخ بهینه برای سرمایه‌گذاری شرکت مربوطه مشخص شده است.

واژه‌های کلیدی: بنگاه‌های اقتصادی، تصمیم‌گیری چند معیاره، تصمیم‌گیری گروهی، روش دلفی، روش برناردو.

۱. مقدمه

مدل‌های بهینه‌سازی از دوران نهضت صنعتی در جهان و بخصوص از زمان جنگ دوم جهانی همواره مورد توجه ریاضیدانان و دست‌اندرکاران صنعت بوده است. تأکید اصلی بر مدل‌های کلاسیک بهینه‌سازی، داشتن یک معیار سنجش (یا یک تابع هدف) است، به طوری که مدل مذکور می‌تواند در مجموع به صورت خطی، غیرخطی یا آمیزه از آنها باشد. اما توجه محققین در دهه‌های اخیر برای تصمیم‌گیری پیچیده، به مدل‌های چند معیاره (MCDM) جلب شده است. در این تصمیم‌گیری‌ها به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی، ممکن است از چندین معیار سنجش استفاده شود [۱].

در بکارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و توافق گروهی، پژوهش‌های وسیعی طی سال‌های اخیر صورت گرفته است و نتیجه این تحقیقات به صورت مدل‌های ریاضی در حوزه‌های کاری مختلف به خصوص «تولید» مورد استفاده قرار گرفته است،

تجارت و حمل‌ونقل دو پدیده جدایی ناپذیرند، زیرا خدمات حمل‌ونقلی کارآمد، شرط لازم برای انجام تجارت موفق است. شرکت‌های حمل‌ونقلی که عمدتاً عهده دار این وظیفه‌اند، با ارائه خدمات ترابری و جابجایی کالا از مبادی تولید سفر به مقاصد مورد نظر، چرخه اقتصادی کشور را به جریان می‌اندازند.

هدف اصلی یک بنگاه حمل‌ونقلی، رسیدن به سود بیشتر و توسعه است. از گام‌های اصلی برای دستیابی به این منظور، تصمیم‌گیری درست در انتخاب پروژه‌های حمل بار/ نفر است، بنابراین برای این شرکتها استفاده از روشی که بتوان به وسیله آن گزینه‌های مطلوب را از بین پیشنهادات برگزید حائز اهمیت است. علم تصمیم‌گیری، ابزار قدرتمندی است که می‌تواند در این راستا به مدیران و تصمیم‌گیران یک شرکت در برنامه‌ریزی و پیشبرد اهدافشان کمک کند.

جدول ۲. مشخصات پروژه‌های پیشنهادی

| نام پروژه | مسیر جابجایی | تعداد خودرو (ماه) | مدت انجام (ماه) |
|------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| حمل کانکس (A1) | تهران به کرمان | ۱۲ | ۸ |
| حمل ضایعات (A2) | تهران به اهواز | ۱۲ | ۸ |
| حمل کانتینر (A3) | تهران به بندر عباس | ۱۰ | ۱۰ |
| حمل تیرآهن (A4) | تهران به یزد | ۱۱ | ۸ |
| حمل رول آهن (A5) | تهران به کرمانشاه | ۱۴ | ۴ |

۲-۳ تعیین معیارها

به منظور انتخاب پروژه‌های مطلوب از بین گزینه‌های مختلف در بنگاه‌های حمل و نقلی، نیاز به معیارهای تعریف شده‌ای است، که در این جا، به منظور تعیین این شاخصها، از متد دلفی که از روشهای کارآمد توافق گروهی است استفاده شده است.

۳-۳ وزن دهی به معیارها

معیارهای به دست آمده در مرحله قبل دارای اهمیت‌های متفاوتی هستند و باید درجه اهمیت آنها مشخص شود که با استفاده از قضاوت خبرگان، اوزان این شاخصها تعیین شده است.

۴-۳ بررسی پروژه‌های بنگاه حمل و نقلی

پروژه‌های حمل بار که به بنگاه پیشنهاد می‌شوند متنوع بوده و دارای ویژگیهای خاص خود هستند. از آنجا که این مشخصات لازمه ساخت مدل ریاضی هستند، بنابراین به منظور دستیابی به اطلاعات ورودی مدل، باید هر یک از پروژه‌های پیشنهادی مورد تحلیل قرار گیرند.

۵-۳ مدل‌بندی مسئله و حل مدل آن

به منظور دستیابی به جواب بهینه، تشکیل مدل ریاضی موردنیاز است که در این تحقیق با توجه به تعریف مسئله، از روش برناردو که یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه گروهی با مقیاس رتبه‌ای است استفاده شده و سپس مدل مربوطه با استفاده از نرم افزار LINDO حل شده است.

ولی در بهره‌گیری از این روش‌ها در مسائل حمل و نقلی تحقیقات گسترده‌ای وجود ندارد، که این امر ضرورتی بر انجام این تحقیق است.

۲. معرفی مسئله تصمیم

بنگاههای حمل و نقلی جاده‌ای با داشتن امکانات و با توجه به قوانین وضع شده به جابجایی کالا می‌پردازند، بنابراین سود ناشی از این فعالیت به میزان کالای حمل شده وابسته است که ارتباط مستقیم با تعداد و نوع ناوگان خودرویی دارد. حال اگر به یک بنگاه حمل و نقل جاده‌ای در یک بازه زمانی، پروژه‌های حمل بار پیشنهاد شود، به علت محدودیت‌های موجود، توان حمل و نقلی بنگاه فقط به تعدادی از گزینه‌ها تخصیص خواهد یافت. بنابراین انتخاب اقتصادی‌ترین حالت از ترکیب پروژه‌ها برای تصمیم‌گیران شرکت اهمیت بسزایی دارد.

بنگاه حمل و نقلی مورد مطالعه مجهز به خودروهایی با مشخصات جدول (۱) است، که تعداد پنج پروژه حمل بار به آن پیشنهاد می‌شود (محدوده مطالعاتی بر روی فرصتهای شغلی خودروهایی تریلی کفی متمرکز می‌شود). بعد از بررسی پروژه‌ها و انتظارات مشتریان، مدت زمان و تعداد خودروی مورد نیاز به شرح جدول (۲) تعیین شده است. حال هدف این است که با استفاده از یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره، آن ترکیب از پروژه‌ها که دارای مطلوبیت بیشتری هستند، تعیین شوند.

جدول ۱. انواع خودروهایی بنگاه مورد نظر

| نام خودرو | تعداد |
|-------------------------------|-------|
| تریلی با بارگیر غیر ثابت کفی | ۳۵ |
| کامیون با بارگیر ثابت اطاقدار | ۳۰ |

۳. مراحل انجام تحقیق

۱-۳ آشنایی با ادبیات موضوع

بخش نظری این تحقیق به دو موضوع حمل و نقل و روشهای تصمیم‌گیری مربوط می‌شود که اطلاعات آن با استناد به کتابها و مقالات جمع‌آوری شده است.

مؤثر در مدل تصمیم‌گیری دارد. از نظر واژه خاص ریاضی هدف تصمیم متغیر وابسته و سایر متغیرهای مؤثر، متغیرهای مستقل نامیده می‌شوند [۵].

تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) که برای تصمیم‌گیرهای پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد به دو دسته عمده تصمیم‌گیری چند هدفی^۱ (MODM) و تصمیم‌گیری چند شاخصه^۲ (MADM) تقسیم می‌شوند، به طوری که مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی به کار گرفته شده و مدل‌های چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر استفاده می‌شوند. مدل چند شاخصه را می‌توان به صورت ماتریس تصمیم‌گیری زیر فرموله کرد.

| گزینه‌ها | شاخص‌ها | | | |
|----------|----------|----------|-------|----------|
| | X_n | | X_2 | X_1 |
| A_1 | r_{11} | r_{12} | | r_{1n} |
| A_2 | r_{21} | r_{22} | | r_{2n} |
| A_3 | r_{31} | r_{32} | | r_{3n} |
| \vdots | \vdots | \vdots | | \vdots |
| \vdots | \vdots | \vdots | | \vdots |
| \vdots | \vdots | \vdots | | \vdots |
| A_m | r_{m1} | r_{m2} | | r_{mn} |

$D =$

A_1, A_2, \dots, A_m در ماتریس تصمیم‌گیری D به ترتیب تشکیل دهنده m گزینه از قبل معلوم است و X_1, X_2, \dots, X_n نشان دهنده n شاخص برای سنجش مطلوبیت هر گزینه بوده و سرانجام عناصر r_{ij} بیانگر مقادیر خاص از شاخص j ام برای گزینه i ام است. واضح است که شاخص‌های X_j ممکن است کمی و یا کیفی باشند [۱].

استفاده از نظرات چندین تصمیم‌گیرنده به جای یک تصمیم‌گیرنده (DM)^۳ مسلماً موجب پیچیدگی‌های زیادی در تجزیه و تحلیل یک تصمیم خواهد شد که نه تنها به دلیل دسترسی به توافق‌های جمعی در اولویت‌بندی گزینه‌ها خواهد بود، بلکه علل دیگری مانند تعارض‌های ممکن در بین اعضای گروه تصمیم‌گیرندگان و برخوردار بودن احتمالی آنها از اهداف و معیارهای مختلف، موجبات این پیچیدگی‌ها را می‌سازند [۶].

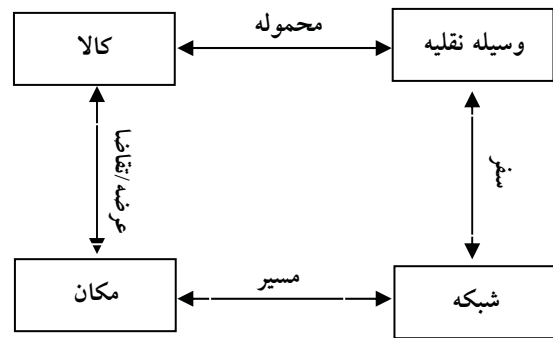
تصمیمات نتیجه شده از تصمیم‌گیری گروهی به صورت توافق جمعی از اطلاعات و ارجحیت‌های آرایه شده فردی از گروه خواهد بود، به گونه‌ای که این توافقات جمعی نیز به طور صحیح و منطقی مورد تجزیه و تحلیل واقع شده باشند. ماتریس

۴. مرور ادبیات مفاهیم حمل و نقل در محدوده تحقیق

در یک سیستم حمل و نقل، انسان یا کالا در زمان معینی فاصله جغرافیایی مشخصی را طی می‌کنند و ضمن این جابجایی، از نقطه‌ای به نقطه دیگر انتقال می‌یابند. با توجه به این تعریف ارکان اصلی حمل و نقل عبارتند از: کالا (انسان)، مکان، وسیله نقلیه و شبکه ارتباطی [۲ و ۳]. هر یک از اجزاء، توسط یک پیوند به یکدیگر مربوط می‌شوند. مطابق شکل (۱) پیوند بین کالا و وسیله نقلیه، محموله، پیوند بین وسیله نقلیه و شبکه ارتباطی، سفر، پیوند بین شبکه ارتباطی و مکان، مسیر و پیوند بین مکان و کالا، تقاضا یا عرضه نامیده می‌شود [۴].

بر اساس این مدل، مجموعه محدودیتهایی که بر پایه مشخصات اجزاء و پیوندها شکل می‌گیرد را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد:

- محدودیتهایی که بر اساس ویژگیهای اجزاء مدل شکل می‌گیرند؛ مانند، محدودیت ظرفیت وسایل نقلیه.
- محدودیتهایی که بر اساس خصوصیات پیوندها تعریف می‌شوند؛ مانند سازگاری بین کالا و وسایل نقلیه.
- محدودیتهایی که بر مبنای سازگاری عضوهای یکی از اجزاء یا پیوندها تعریف می‌شوند؛ به عنوان نمونه محدودیت حمل و نقل همزمان دو کالا.
- محدودیتهایی که بر مبنای نیازهای مالکین اجزاء تعریف می‌شوند؛ مانند محدودیت در ساعات کارکرد رانندگان [۴].



شکل ۱. اجزاء حمل و نقل

۵. مرور ادبیات مفاهیم تصمیم‌گیری در محدوده تحقیق

هر تصمیم، حداقل برای رسیدن به یک هدف خاص اتخاذ می‌شود که حصول به این هدف خود بستگی به سایر متغیرهای

خبرگان در قالب متد دلفی بهره‌گیری شده است. در ادامه مقاله به توضیح این روش و تعیین شاخصهای مورد نظر تحقیق با استفاده از آن پرداخته می‌شود.

تصمیم‌گیری از مدل سازی برای تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای و گروهی به شکل ذیل فرموله می‌شود.

$$D^p = \begin{matrix} \text{شاخص‌ها} \\ \text{گزینه‌ها} \end{matrix} \begin{matrix} & X_n & X_2 & X_1 \\ A_1 & r_{1,1} & \cdots & r_{1,j} & \cdots & r_{1,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_j & r_{j,1} & \cdots & r_{j,j} & \cdots & r_{j,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_m & r_{m,1} & \cdots & r_{m,j} & \cdots & r_{m,n} \end{matrix} = \{ p = 1, 2, \dots, k \} \quad (2)$$

(ماتریس تصمیم‌گیری)

۶-۱ آشنایی با روش دلفی

روش دلفی که توسط اولاف هلمر^۴ برای ارزیابی نظرات ابداع شده، برای رسیدن به یک اجماع نظر در مورد وقوع یا عدم وقوع رویدادی در بازه زمانی مشخص درآینده، بکار می‌رود. این روش بر پایه پرسش از افراد متخصص در زمینه مورد تحقیق استوار است [۷]. هدف از این روش دستیابی به مطمئن‌ترین توافق گروهی برای یک موضوع مورد بحث خواهد بود که با استفاده از پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان، به دفعات مکرر با توجه به باز خور حاصل از آنها صورت می‌پذیرد. متد دلفی یک «سوروی»^۵ از عقاید خبرگان، با سه ویژگی است. این ویژگی‌ها عبارتند از: پاسخ بیطرفانه به پرسشنامه‌ها، تکرار دفعات ارسال پرسشنامه و دریافت بازخور از آنها، و تجزیه و تحلیل آماری از پاسخ به سؤالات به صورت گروهی [۶].

ارسال پرسشنامه‌ها ممکن است بین ۳ الی ۵ بار تکرار شود، و این تغییر بستگی به درجه توافق گروهی از پاسخ دهندگان و اطلاعات اضافی لازم از آنها دارد. فرآیند دلفی زمانی متوقف می‌شود که توافق گروهی در بین خبرگان پاسخ دهنده حاصل شده و یا آنکه تبادل اطلاعات به قدر کافی صورت پذیرفته باشد [۶].

این ماتریس نشان‌دهنده پاسخ تصمیم‌گیرنده p ام (از k تصمیم‌گیرنده) به ازای m گزینه (A_i) در مقابل n شاخص (X_j) است به طوری که:

$$D_i^p = \{ r_{i,1}, \dots, r_{i,n} \}^p : \text{پاسخ تصمیم‌گیرنده } p\text{ام برای گزینه } A_i$$

$$D_j^p = \{ r_{1,j}, \dots, r_{m,j} \}^p : \text{پاسخ تصمیم‌گیرنده } p\text{ام برای شاخص } X_j \quad (3)$$

با مفروض بودن k تا ماتریس به صورت فوق (به تعداد اعضای گروه تصمیم‌گیری) ماتریس نهایی برای تصمیم‌گیری گروهی، از نگاشت زیر حاصل می‌شود:

$$\varphi : \{ D^p \mid p = 1, 2, \dots, k \} \rightarrow \{ G \} \quad (4)$$

تابع نگاشت (۴) ممکن است با استفاده از رتبه‌بندی، نرخ بندی، امتیازدهی و یا رای دادن حاصل شود. تابع مذکور معرف کلیه شاخص‌های متفاوتی خواهد بود که اعضای گروه تصمیم‌گیری برای قضاوت در مورد کلیه گزینه‌ها بکار گرفته‌اند [۶].

۶. تعیین شاخص‌ها

وظیفه اصلی در فرآیند تصمیم‌گیری، انتخاب از میان گزینه‌هاست. این انتخاب را موقعی می‌توان انجام داد که مشخص شود منظور از "بهترین" چیست. یعنی باید ملاکها و معیارهایی وجود داشته باشند تا بتوان قضاوت کرد که کدام گزینه بهترین است. در این تحقیق برای دستیابی به شاخصهای مؤثر ارزیابی، از قضاوت

۶-۲ تعیین شاخص‌ها با استفاده از روش دلفی

گام اول: در ابتدا یک گروه پنج نفره به عنوان تصمیم‌گیرنده یا ستاد عملیاتی تشکیل می‌شود. این گروه مسئولیت تهیه، توزیع و ارزیابی پرسشنامه‌ها را بر عهده دارد.

گام دوم: گروه دلفی شامل دوازده نفر از خبرگان در زمینه حمل‌ونقل به شرح جدول (۳) انتخاب می‌شود.

گام سوم: سؤالی جامع در خصوص معیارهای ارزیابی پروژه‌های حمل‌ونقلی در بنگاههای جاده‌ای طرح شده و در اختیار اعضای گروه دلفی قرار می‌گیرد.

گام چهارم: پاسخ پرسش مرحله قبل جمع‌آوری شده و بعد از تجزیه و تحلیل، فهرستی از شاخص‌ها مطابق جدول (۴) تعیین می‌شود.

انتخاب پروژه‌های مطلوب در بنگاه‌های اقتصادی حمل و نقلی . . .

- شرایط حمل کالا (X_1)
 - خصوصیات ترافیکی مسیر تردد (X_2)
 - ادوات تخلیه و بارگیری (X_3)
 - امکان توسعه (X_4)
 - تناسب بین حجم محموله و تعداد وسیله نقلیه (X_5)
 - سود (X_6)
- گام پنجم: بر اساس نتایج حاصل از پرسشنامه اول، پرسشنامه دوم تنظیم شده و برای قضاوت در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد. در نهایت بعد از سه دوره تکرار، یعنی پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات پرسشنامه سوم، شاخص‌های نهایی به صورت زیر انتخاب شدند.

جدول ۳. اعضای گروه دلفی

| مدرک تحصیلی | میزان تحصیلات | نوع سابقه |
|-----------------|---------------|--------------------------------|
| مهندس عمران | کارشناس ارشد | برنامه ریزی حمل و نقل |
| مهندس عمران | کارشناس ارشد | راه سازی و ترافیک |
| مهندسی صنایع | کارشناس ارشد | سیستمهای مکانیزه حمل و نقل |
| مهندسی صنایع | کارشناس ارشد | طراحی واحدهای خدماتی |
| مهندس مکانیک | کارشناس | تست و ارزیابی خودرو |
| مهندس مکانیک | کارشناس | ادوات تخلیه و بارگیری |
| مهندس صنایع | کارشناس | سیستمهای تعمیرات و نگهداری |
| مدیریت صنعتی | کارشناس ارشد | مدیر عامل شرکت حمل و نقل |
| مدیریت صنعتی | کارشناس | معاون شرکت حمل و نقل |
| مدیریت بازرگانی | کارشناس | بازاریابی حمل و نقل بار و کالا |
| اقتصاد | کارشناس | ارزیابی اقتصادی در حمل و نقل |
| حسابداری | کارشناس | مدیریت مالی شرکت حمل و نقلی |

جدول ۴. شاخصهای استخراج شده در تکرار اول

| ردیف | نام شاخص | ردیف | نام شاخص |
|------|------------------------------------|------|--|
| ۱ | نوع کالا | ۱۳ | تعداد وسیله نقلیه |
| ۲ | میزان کالا | ۱۴ | ظرفیت وسیله نقلیه (حجمی / وزنی) |
| ۳ | طول مسیر | ۱۵ | سختی فرآیند بارگیری |
| ۴ | زمان سفر | ۱۶ | سختی فرآیند جابجایی |
| ۵ | محدوده جغرافیایی | ۱۷ | سختی فرآیند تخلیه |
| ۶ | مدت زمان انجام قرارداد | ۱۸ | امکان توسعه |
| ۷ | ادوات تخلیه و بارگیری | ۱۹ | امکان پیشرفت کار در واحد زمان |
| ۸ | متوسط زمان انتظار | ۲۰ | تناسب بین نوع کالا و کاربری وسیله نقلیه |
| ۹ | متوسط زمان تخلیه، بارگیری | ۲۱ | تناسب بین حجم محموله و تعداد وسیله نقلیه |
| ۱۰ | امکان عبور وسیله نقلیه در شبکه راه | ۲۲ | درآمد |
| ۱۱ | امکان عبور وسیله نقلیه | ۲۳ | هزینه / سوخت / بیمه / مالیات / حقوق |
| ۱۲ | تعداد توقف | ۲۴ | وابستگی به سفرهای دیگر |

| | | | | | | |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | رتبه | | | | | |
| | | ... | t | ... | 1 | |
| گزینه | A_1 | $q_{1,1}$ | ... | $q_{1,t}$ | ... | $r_{1,m}$ |
| | \vdots | \vdots | | \vdots | | \vdots |
| | A_i | $q_{i,1}$ | ... | $q_{i,t}$ | ... | $r_{i,m}$ |
| | \vdots | \vdots | | \vdots | | \vdots |
| A_m | $q_{m,1}$ | ... | $q_{m,t}$ | ... | $r_{m,m}$ | |

$$Q_G = \begin{bmatrix} A_1 & q_{1,1} & \dots & q_{1,t} & \dots & r_{1,m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_i & q_{i,1} & \dots & q_{i,t} & \dots & r_{i,m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_m & q_{m,1} & \dots & q_{m,t} & \dots & r_{m,m} \end{bmatrix}$$

(ماتریس توافق گروهی به ازای m رتبه و m گزینه)

۲- مدل برناردو برای منظور کردن محدودیت منابع در اجرای پروژه‌ها (گزینه‌ها) و انتخاب زیر مجموعه‌ای از آنها، به گونه‌ای که محدودیت‌ها را تأمین کند، نیاز به بسط ریاضی دارد. اجرای برخی از گزینه‌ها ممکن است تأمین کننده محدودیت و یا محدودیت‌هایی از منابع موجود نبوده و از این رو نمی‌توانند انتخاب شوند. این امر موجب خواهد شد که رتبه ماتریس $H_{m \times m}$ کمتر از m شده و در نتیجه می‌بایست:

$$\begin{cases} \sum_i h_{ii} \leq 1 \\ \sum_t h_{it} \leq 1 \end{cases} \quad (7)$$

$h_{ii} \in [0,1]$
از طرف دیگر، رتبه‌بندی‌های درج شده، با شروع از رتبه یکم می‌بایست منظم و متوالی باشند

$$\sum_{i=1}^m h_{it} - \sum_{i=1}^m h_{iv} \geq 0 \rightarrow v \geq t : \text{به ازای } (8)$$

(v و t نشان دهنده رتبه هستند)

همچنین محدودیت منابع در انتخاب گزینه‌های مورد نظر را، می‌توان به صورت زیر تنظیم کرد.

$$\sum_{i=1}^m r'_{is} \sum_{i,t} h_{it} \leq b_s ; s = 1,2,\dots, i$$

r'_{is} : ام از منبع مقدار مصرفی گزینه
 b_s : موجودی از منبع s به طوریکه
 l : تعداد منابع

۳- ممکن است DM تمایل به مشخص نمودن رتبه‌بندی برای زیر مجموعه‌ای از گزینه‌ها (به طور نمونه برای زیر مجموعه‌های دو تایی و یا سه تایی)، بدون توجه به رتبه‌بندی درون آن مجموعه داشته باشد. به این معنی که DM، به جای بیشینه‌سازی

۷. وزن‌دهی به شاخص‌ها

از آنجا که شاخص‌های تعیین شده دارای اهمیت یکسانی نیستند، بنابراین برای آنها اوزانی تعیین می‌شود. برای این منظور از صاحب‌نظران و خبرگان (شش نفر) خواسته می‌شود که به شاخص‌ها امتیازی اختصاص دهند. سپس متوسط امتیاز هر شاخص را محاسبه کرده و با استفاده از فرمول (۵) آن را نرمال می‌کنند. در نتیجه ضریب اهمیت هر شاخص طبق جدول (۵) تعیین می‌شود.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (5)$$

جدول ۵. اوزان شاخص‌ها

| شاخص | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ضریب اهمیت | 0/1894 | 0/1477 | 0/1534 | 0/1818 | 0/1591 | 0/1686 |

۸. حل مسئله تصمیم

۸-۱ آشنایی با روش برناردو

روش برناردو یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه و گروهی است، به طوری که گروه تصمیم‌گیرندگان برای اولویت‌بندی m گزینه در مقابل هر یک از n شاخص موجود نیز از رتبه‌بندی استفاده می‌کنند. علاوه بر رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از توافق گروهی در این روش، می‌توان مدل موجود را برای هر زیر مجموعه دلخواهی از گزینه‌ها (دو تایی، سه تایی و غیره) بسط داد و مناسب‌ترین آنها را انتخاب کرد. مدل برناردو علاوه بر استفاده از شاخص‌های متعدد برای تصمیم‌گیری، محدودیت منابع را در اجرای گزینه‌ها یا پروژه‌ها مورد توجه قرار می‌دهد. به منظور بسط مدل برناردو نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

۱- بعد از اخذ رتبه‌بندی گزینه‌ها به ازای شاخص‌ها از هر تصمیم‌گیرنده p ام (D^p)، ماتریس توافق گروهی $(Q_G)_{m \times n}$ از رتبه‌ها تشکیل داده می‌شود، به گونه‌ای که عنصر q_{it} از آن نشان‌دهنده تعداد ترجیحات گروه (به ازای کلیه شاخص‌ها) از گزینه t ام در رتبه i ام خواهد بود. اگر شاخص‌ها از اهمیت یکسانی برخوردار نباشند، بردار اوزان با استفاده از متدی مناسب محاسبه و سپس ماتریس غیر منفی Q_G وزین می‌شوند.

(۶)

۸-۲ محاسبه ماتریس توافق گروهی

گام اول- پنج گزینه (m=5) پیشنهادی به بنگاه حمل‌ونقلی مورد مطالعه، به ازای شش شاخص (n=6) تعیین شده، توسط یک گروه تصمیم‌گیرنده مرکب از شش خبره (k=6) رتبه‌بندی می‌شود. نتایج رتبه‌بندی از هر یک از خبرگان به گونه زیر است.

| | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| پروژه | شاخص | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 |
| | | A_1 | 4 | 2 | 5 | 5 | 1 |
| $D^1 =$ | A_2 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| | A_3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 5 | 2 |
| | A_4 | 1 | 1 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| | A_5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 4 |

| | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| پروژه | شاخص | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 |
| | | A_1 | 5 | 4 | 3 | 3 | 5 |
| $D^2 =$ | A_2 | 5 | 3 | 2 | 4 | 2 | 1 |
| | A_3 | 3 | 4 | 1 | 3 | 4 | 3 |
| | A_4 | 1 | 2 | 4 | 5 | 2 | 3 |
| | A_5 | 2 | 5 | 3 | 5 | 1 | 5 |

| | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| پروژه | شاخص | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 |
| | | A_1 | 4 | 5 | 2 | 1 | 4 |
| $D^3 =$ | A_2 | 5 | 4 | 3 | 1 | 3 | 4 |
| | A_3 | 3 | 5 | 2 | 4 | 5 | 2 |
| | A_4 | 1 | 1 | 5 | 4 | 3 | 1 |
| | A_5 | 2 | 5 | 1 | 4 | 5 | 5 |

| | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| پروژه | شاخص | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 |
| | | A_1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| $D^4 =$ | A_2 | 3 | 2 | 4 | 1 | 4 | 3 |
| | A_3 | 5 | 3 | 5 | 1 | 2 | 5 |
| | A_4 | 1 | 3 | 5 | 2 | 3 | 4 |
| | A_5 | 5 | 1 | 5 | 2 | 4 | 1 |

| | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| پروژه | شاخص | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 |
| | | A_1 | 3 | 2 | 5 | 3 | 2 |
| $D^5 =$ | A_2 | 4 | 3 | 1 | 1 | 5 | 1 |
| | A_3 | 1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| | A_4 | 3 | 1 | 2 | 3 | 5 | 4 |
| | A_5 | 1 | 2 | 4 | 5 | 2 | 4 |

| | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| پروژه | شاخص | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 |
| | | A_1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| $D^6 =$ | A_2 | 4 | 5 | 1 | 2 | 4 | 1 |
| | A_3 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 5 |
| | A_4 | 4 | 1 | 3 | 4 | 1 | 3 |
| | A_5 | 2 | 2 | 4 | 5 | 4 | 2 |

از توافق گروهی (q_{it}) مایل به بیشینه‌سازی از توافق تراکمی ($c_{iv'}$) خواهد بود. برای ماتریس توافق تراکمی از گروه تصمیم‌گیرندگان خواهیم داشت:

$$C = \|c_{iv'}\| \quad (10)$$

$$c_{iv'} = \sum_{t=1}^{v'} q_{it} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, m : & \text{گزینه} \\ v' = 1, 2, \dots, m : & \text{رتبه} \end{cases}$$

$c_{iv'}$ نشان دهنده مجموع دفعاتی است که گزینه i ام دارای رتبه یک الی رتبه v' ام شده است.

۴- به منظور قضاوت برای زیر مجموعه‌های متفاوت از گزینه‌ها (به طور نمونه دو تایی در مقابل سه تایی) و انتخاب بهینه، تابع هدف به صورت زیر خواهد بود.

$$\max : \frac{1}{v'(k)} \sum_i \sum_t c_{it} . h_{it} ; \begin{cases} k = \text{تعداد تصمیم‌گیرندگان} \\ v' = 1, 2, \dots, m \end{cases}$$

از این رو برای انتخاب زیر مجموعه با بیشترین ارزش از تابع هدف، می‌بایست:

$$\max_{v'} \left\{ \max \left(\frac{1}{v'(k)} \right) \sum_{i,t} c_{it} . h_{it} : v' = 1, \dots, m \right\} \quad (11)$$

به این معنی که با تقسیم تابع موجود از توافق تراکمی بر تعداد تصمیم‌گیرندگان (k) و تعداد گزینه‌های تشکیل دهنده یک زیر مجموعه، مقایسه زیر مجموعه‌های مختلف تسهیل می‌شود (رتبه v' نیز معرف تعداد گزینه‌های تشکیل دهنده یک زیر مجموعه مورد نظر است).

۵- برنامه کامل، به منظور مقایسه زیر مجموعه‌های ممکن از گزینه‌ها، از ادغام روابط (۷)، (۸)، (۹)، (۱۱) به این صورت است [۶].

(۱۲)

$$\max_{v'} \left\{ \max \left(\frac{1}{v'(k)} \right) \sum_{i,t} c_{it} . h_{it} : v' = 1, 2, \dots, m \right\}$$

$$s.t : \sum_{i=1}^m h_{it} \leq 1 ; t = 1, \dots, m$$

$$\sum_{t=1}^m h_{it} \leq 1 ; i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m h_{it} - \sum_{iv'} h_{iv'} \geq 0 ; \begin{cases} t < v' : (v' = t + 1) \\ t = 1, 2, \dots, m - 1 \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^m r'_{is} \sum_{t=1}^{v'} h_{it} \leq b_s ; s = 1, 2, \dots, l ; \begin{cases} i = 1, \dots, m \\ t = 1, \dots, m \end{cases}$$

$$h_{it} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

پنجم چهارم سوم دوم یکم

$$A_1 = [0/18940, 14770/15340, 18180/15910, 1686] \times \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = [0/648, 1/519, 1/35, 1/161, 1/322]$$

به طور نمونه برنامه ریزی خطی اول به این صورت است:

$$\frac{1}{1(5)} \text{MAX} \{0.648h_{1,1} + 1.527h_{2,1} + 1.019h_{3,1} + 1.676h_{4,1} + 0.977h_{5,1}\}$$

گام دوم- حال باید اوزان شاخصها را در ماتریس های استخراج شده تأثیر داد. بنا براین برای هر گزینه، ماتریس (رتبه\شاخص)

تشکیل داده و اوزان شاخصها در این ماتریسها، ضرب می شوند.

به همین منوال برای بقیه گزینه ها عمل می شود، در نتیجه :

S.t

$$\sum_{i=1}^5 h_{i,1} = \sum_{i=1}^5 h_{i,t} = h_{1,1} + h_{2,1} + h_{3,1} + h_{4,1} + h_{5,1} \leq 1$$

$$\sum_{t=1}^1 h_{i,t} = \sum_{t=1}^1 h_{i,t} = h_{i,1} \leq 1$$

$$\sum_{t=1}^1 h_{2,t} = h_{2,1} \leq 1 \quad (13)$$

$$\sum_{t=1}^1 h_{3,t} = h_{3,1} \leq 1$$

$$\sum_{t=1}^1 h_{4,t} = h_{4,1} \leq 1$$

$$\sum_{t=1}^1 h_{5,t} = h_{5,1} \leq 1$$

$$\sum_{t=1}^1 h_{5,t} = h_{5,1} \leq 1 \quad (14)$$

| رتبه \ پروژه | یکم | دوم | سوم | چهارم | پنجم |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A_1 | 0/648 | 1/519 | 1/35 | 1/161 | 1/322 |
| A_2 | 1/527 | 0/795 | 1/307 | 1/496 | 0/875 |
| $Q_G = A_3$ | 1/019 | 1/313 | 1/401 | 0/973 | 1/294 |
| A_4 | 1/676 | 0/811 | 1/64 | 1/225 | 0/648 |
| A_5 | 0/977 | 1/563 | 0/301 | 1/297 | 1/862 |

و با توجه به رابطه (۱۰) خواهیم داشت :

| رتبه \ پروژه | یکم | دوم | سوم | چهارم | پنجم |
|--------------|-------|-------|-------|-------|------|
| A_1 | 0/648 | 2/167 | 3/517 | 4/678 | 6 |
| A_2 | 1/527 | 2/322 | 3/629 | 5/125 | 6 |
| $C = A_3$ | 1/019 | 2/332 | 3/733 | 4/706 | 6 |
| A_4 | 1/676 | 2/487 | 4/127 | 5/352 | 6 |
| A_5 | 0/977 | 2/54 | 2/841 | 4/138 | 6 |

$; m = 5$

۸-۳ تشکیل مدل برای مسئله

تابع هدف از فرمول (۱۲) به منظور انتخاب زیر مجموعه ای از یک گزینه، فقط ستون یکم ($V' = 1$) از ماتریس C را شامل می شود و به منظور انتخاب زیر مجموعه ای از دو گزینه شامل دو ستون سمت چپ (تا حد $V' = 2$) از ماتریس C می شود.

بنابراین مدل تخصیص (۱۲) می بایست چهارمرتبه (با چهار تابع هدف متفاوت) حل شود؛ در حالی که برنامه ریزی خطی اول (برای انتخاب زیر مجموعه ای از یک گزینه) کلیه ترکیبات یکتایی

C_5^1 از پنج گزینه، و برنامه ریزی خطی دوم (برای انتخاب زیر مجموعه ای از دو گزینه) کلیه ترکیبات دوتایی C_5^2 از پنج گزینه، و برنامه ریزی خطی سوم کلیه ترکیبات سه تایی C_5^3 از پنج گزینه و ... آزمون می شوند.

از آنجا که شرکت از نظر تعداد خودرو دارای محدودیت است،

این محدودیت به صورت معادله زیر در مسئله مطرح می شود:

$$\sum_{i=1}^5 r_{i5} - \sum_{i,t} h_{it} = \sum_{i=1}^5 r_{i4} - \sum_{i,t} h_{it} = \quad (15)$$

$$12(h_{1,1}) + 12(h_{2,1}) + 10(h_{3,1}) + 11(h_{4,1}) + 14(h_{5,1}) \leq 35$$

بعد از حل مدل با استفاده از نرم افزار مقدار جواب بهینه تابع

هدف 0/3352 و زیر مجموعه $\{A_4\}$ به عنوان پروژه مطلوب

انتخاب می شود.

نرم افزاری توجه کمی می‌شود، به طوری که شرکت‌های حمل‌ونقلی که یکی از ارکان اصلی سیستم حمل‌ونقل کشورند، اکثراً به صورت سنتی اداره می‌شوند و عرضه سنتی خدمات حمل‌ونقل، دیگر قادر به ارضای تقاضای رو به افزایش و پیچیده امروزی نیست که این امر آنها را به طور ناخواسته دچار مشکلات محسوس و نامحسوسی می‌کند.

این تحقیق با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، شرایط لحاظ کردن همزمان معیارهای کمی و کیفی و همچنین محدودیت منابع را ایجاد کرده است و این فرصت برای شرکت‌های حمل‌ونقلی مهیا شده که سرمایه خود را در پروژه‌های مناسب بکار گیرند و با نگرش علمی و کاربردی به مسائل کاری خود، از زمانها و فرصتهای شغلی ایجاد شده، بهره‌گیری کنند.

امروزه روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، به دلیل سادگی و داشتن قابلیت زیاد در مدل سازی مسائل واقعی کاربردهای زیادی در حیطه‌های مختلف از فعالیتهای تعریف شده شرکتها و مؤسسات دارند. در ادامه پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی موارد بهره‌برداری از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه گروهی در مباحث برنامه‌ریزی حمل و نقل مورد بررسی قرار گرفته و راهکارهای مناسب آن ارایه شود.

۱۰. سپاسگزاری

از استاد ارجمندم آقای دکتر میر بهادر قلی آریا نژاد که در انجام این تحقیق مرا راهنمایی کردند سپاسگزارم. همچنین پیشاپیش از اساتید محترمی که فصلنامه را در ارتقای کیفی آن یاری می‌کنند سپاسگزارم.

۱۱. مراجع

۱. اصغر پور، محمد جواد (۱۳۸۳) "تصمیم‌گیری‌های چند معیاره"، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۲. سید حسینی، سید محمد (۱۳۸۰) "برنامه‌ریزی مهندسی حمل‌ونقل و تحلیل جابجایی مواد"، تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

3-Papacostas,C.S and Prevedouros, P. D.(1993) "Transportation engineering and planning", New Jersey: Prentice-Hall.

برنامه‌ریزی خطی دوم، سوم و چهارم نیز به همین طریق مدل‌بندی و حل می‌شود، که راه حل نهایی چهار مدل برنامه‌ریزی خطی فوق به صورت جدول (۷) خواهد بود.

جدول ۷. راه حل نهایی از حل مدل‌های برنامه‌ریزی خطی

| نوع برنامه‌ریزی خطی | مناسب‌ترین زیر مجموعه | ارزش بهینه تابع هدف |
|---------------------|-----------------------|---------------------|
| یکم | $\{A_4\}$ | 0/3352 |
| دوم | $\{A_4, A_5\}$ | 0/4216 |
| سوم | $\{A_2, A_3, A_4\}$ | 0/5323 |
| چهارم | $\{A_3, A_4, A_5\}$ | 0/5812 |

حال اگر تصمیم‌گیران بخواهند در یک پروژه مشغول بکار شوند، گزینه «A4»؛ در دو پروژه مشغول به کار شوند، گزینه‌های «A4» و «A5»؛ در سه پروژه مشغول به کار شوند، گزینه‌ها «A2» و «A3» و «A4»؛ در چهار پروژه مشغول به کار شوند، با توجه به محدودیت در تعداد خودرو گزینه‌های «A3» و «A4» و «A5»؛ بهترین انتخاب خواهند بود.

بنابراین دیده می‌شود که بیشترین ارزش از توابع هدف برابر 0/5812 است.

$$\left(\max_{j \in J} \{0 / 3352, / 4216, 0 / 5323, / 5812\} = 0 / 5812\right)$$

بنابراین زیرمجموعه $\{A_3, A_4, A_5\}$ به عنوان مناسب‌ترین زیرمجموعه از گزینه‌های موجود انتخاب می‌شود. این انتخاب عملی بوده و بیشترین تأمین ارزش شاخص موجود را با توافق گروهی موجب می‌شود.

۹. نتیجه‌گیری

با آنکه اهمیت حمل‌ونقل در پیشبرد صنعت یک کشور تقریباً بر همگان آشکار است و سرمایه‌گذاری در آن، چه از دیدگاه سخت افزاری و چه از نظر نرم افزاری موجب توسعه و پیشرفت صنایع تولیدی و خدماتی مختلف می‌شود، اما متأسفانه در کشور ما به مسائل موجود در حمل‌ونقل به ویژه از دیدگاه برنامه‌ریزی و

- پانویس‌ها
- 1- Multiple objective decision making
 - 2- Multiple attribute decision making
 - 3- Decision maker
 - 4- O.Helmer
- ۵- Survey بررسی عقاید یک گروه خاص از یک جامعه آماری است.
۴. مدرس، عبدالحمید (۱۳۸۳) "راه حلی جامع برای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل در زنجیره تأمین"، اولین کنفرانس ملی لجستیک در زنجیره تأمین.
۳. اصغر پور، محمد جواد (۱۳۸۱) "تصمیم‌گیری و تحقیق عملیات در مدیریت"، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۴. اصغر پور، محمد جواد (۱۳۸۲) "تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازیها با نگرش تحقیق در عملیات"، انتشارات دانشگاه تهران.
۵. جبل عاملی، محمد سعید، عبایی، مزدک و قوامی فر، کامران (۱۳۸۳) "جایگاه مهندسی ارزش در مدیریت پروژه"، تهران: انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

Choice of Optimum Transportation Economic Agents using Bernardo Decision - Making Method

*R. Karimzadeh Fard, Graduate, M.Sc. Department of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
E-mail: Rahim376@yahoo.com*

ABSTRACT:

Trade and transportation are two inseparable issues in the present circumstances, due to the fact that the efficient transportation is a must for a successful trade. The transportation service companies thus make the economic cycle of the countries move by transit and transport of loads and people. The main objective of a transportation service company is gaining more profit. One of the ways to access this objective is appropriate decision- making in connection with transport of load/person. Unfortunately the transportation companies are somehow unable and limited in allocation of available resources. What is most important for these companies is participation an involvement in activities that help them to reach their economic objectives, providing more profits for the country.

In this research, the criteria for selection of best projects for transportation companies are defined, by using Delphi Method. The proposed projects of a transportation company are then studies and by Bernardo Decision making Method, and taking into account the specified criteria a mathematical model for selection of better project (or projects) have been represented. The optimum response for investment in transportation companies is then proposed.

Keywords: Economic agents, multi criteria decision making, group decision making, Delphi Method, Bernardo Method