

# مدل برنامه‌ریزی حمل و نقل مرکب با پارامترهای فازی

دکتر عزیزا... معماریانی<sup>۱</sup> - محمدعلی پروین روحانی<sup>۲</sup>

## چکیده مقاله

در این مقاله مدلی ریاضی برای برنامه‌ریزی حمل و نقل شرکت‌های بزرگ ارائه می‌شود. مدلی که در این مقاله ارائه می‌شود، مدل حمل و نقل در حالت چند محصوله، چند وسیله نقلیه همراه با نقاط واسطه است. ویژگی دیگر این مدل، فازی بودن آن است؛ یعنی عوامل مورد استفاده در این مدل می‌تواند به صورت عددهای فازی مطرح شود. از آنجا که در مدل‌های ریاضی فازی باید به نوعی اعداد فازی را به اندازه‌های قطعی تبدیل کرد، لذا در این مقاله از روشی جدید نیز برای تبدیل اعداد فازی به اندازه‌های قطعی استفاده می‌شود.

## واژه‌های کلیدی

برنامه‌ریزی - حمل و نقل - مدل فازی

---

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس

۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

## مقدمه

یکی از مسایل مهمی که شرکت‌های تولید کننده و یا توزیع کننده کالا با آن روبرو هستند، حمل و نقل کالا است. شرکت تولید کننده چندین نوع کالا را در نظر بگیرید. کالاهای تولید شده توسط این شرکت باید در بازار مصرف توزیع شود. توزیع باید به گونه‌ای صورت گیرد که اولاً هزینه حمل و نقل کمترین مقدار ممکن را اختیار کند. ثانیاً کالاها به موقع به دست مشتریان برسد. ثالثاً به هر یک از محل‌های توزیع مقداری متناسب با نیاز آن محل توزیع، حمل شود. در عمل انجام برنامه‌ریزی برای چنین مسأله‌ای بسیار مشکل و پیچیده است. لذا لزوم طرح و مطالعه مدل ریاضی که بتوان توسط آن چنین مسأله‌ای را در حالت کلی مدل‌سازی کرد کاملاً واضح است. همچنین از آنجا که در مسایل عملی داده‌های مورد نیاز مسأله حالت قطعی و حتمی ندارند این مدل باید در محیط فازی مطالعه شود. با توجه به این موارد در این مقاله هدف ارائه چنین مدل کلی از مسایل حمل و نقل است. همچنین برای تبدیل عوامل فازی مسأله به اندازه‌های قطعی نیز از روش جدیدی استفاده خواهد شد.

## مدل ریاضی

مدل ریاضی که ارائه شده مدل حمل و نقل با ویژگی‌های زیر است:

- ۱- حالت چند محصولی<sup>۱</sup>
- ۲- استفاده از چندین وسیله نقلیه<sup>۲</sup>
- ۳- وجود منابع و مقاصد میانی<sup>۳</sup>
- ۴- استفاده از ضرایب و عوامل فازی<sup>۴</sup>

- 1- Multi - Commodity
- 2- Multi - Vehicle
- 3- Trans - Shipment
- 4- Fuzzy - Programming

عوامل و متغیرهای مورد استفاده در این مدل عبارتند از:

مقداری از محصول  $p$  ام که توسط وسیله نقلیه  $k$  ام از مبدا  $i$  ام به مقصد  $j$  ام حمل می‌شود  $X_{ijkp}$

هزینه حمل هر واحد از محصول  $p$  ام توسط وسیله نقلیه  $k$  ام از مبدا  $i$  ام به مقصد  $j$  ام  $C_{ijkp}$

ظرفیت تولید منبع  $i$  ام نسبت به تولید محصول  $p$  ام  $a_{ip}$

نیاز مقصد  $j$  ام نسبت به مصرف محصول  $p$  ام  $b_{jp}$

ظرفیت منبع میانی  $q$  ام نسبت به دریافت محصول  $p$  ام  $\bar{a}_{qp}$

نیاز مقصد میانی  $q$  ام نسبت به مصرف محصول  $p$  ام  $\bar{b}_{qp}$

ظرفیت موجود وسایل نقلیه نوع  $k$  ام برای حمل محصول  $p$  ام  $c_{kp}$   
تابع هدف این مدل به صورت زیر تعریف می‌شود

$$\text{Min} Z : \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k \sum_{p=1}^P C_{ijkp} \cdot X_{ijkp}$$

تابع هدف فوق به منظور حداقل کردن کل هزینه حمل و نقل در نظر گرفته شده است.

اولین محدودیت در مدل، بیان‌کننده این است که مجموع کل محصول  $p$  ام که از منبع  $i$  ام توسط تمامی وسایل نقلیه به مقاصد اصلی و مقاصد میانی حمل می‌شود باید کوچکتر از ظرفیت تولید منبع  $i$  ام نسبت به محصول  $p$  ام باشد. در واقع این محدودیت کنترل‌کننده ظرفیت تولیدی هر یک از منابع است:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k X_{ijkp} + \sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K X_{iqkp} \leq a_{ip} \quad \begin{matrix} i=1, \dots, m \\ p=1, \dots, p \end{matrix} \quad (1)$$

محدودیت نوع دوم بیان‌کننده این است که مجموع کل محصول  $p$  ام که از نقاط واسطه و

منابع اصلی به مقصد  $j$  ام توسط تمامی وسایل نقلیه حمل می‌شود باید بزرگتر از نیاز مقصد  $j$  ام باشد؛ یعنی این محدودیت کنترل‌کننده برآورده شدن نیاز هر یک از مقاصد است.

$$(۲) \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^k X_{ijkp} + \sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^k X_{qjpk} \geq b_{jp} \quad \begin{matrix} j=1, \dots, n \\ p=1, \dots, p \end{matrix}$$

محدودیت سوم کنترل کننده بارگیری وسایل نقلیه است؛ یعنی این محدودیت بیان کننده این است که مجموع کل محصولاتی که توسط وسیله نقلیه k ام از هر یک از منابع اصلی به مقاصد اصلی و یا میانی و از منابع میانی به مقاصد اصلی حمل می شود باید برابر ظرفیت حمل وسیله نقلیه k ام باشد.

$$(۳) \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijkp} + \sum_{i=1}^m \sum_{q=1}^Q X_{iqkp} + \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^n X_{qjpk} = e_{kp} \quad \begin{matrix} k=1, \dots, k \\ p=1, \dots, p \end{matrix}$$

محدودیت های نوع چهارم و پنجم کنترل کننده میزان نیاز و همچنین میزان ظرفیت ارسال منابع و مقاصد میانی است:

$$(۴) \sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K X_{iqkp} \leq a_{ap} \quad p=1, \dots, p$$

$$(۵) \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^m X_{iqkp} - \sum_{k=1}^k \sum_{j=1}^n X_{qjpk} \geq b_{qp} \quad \begin{matrix} q=1, \dots, Q \\ p=1, \dots, P \end{matrix}$$

سرانجام محدودیت نوع ششم محدودیت های غیر منفی شدن متغیرهای مدل است:

$$(۶) F_{ijkpq}, X_{ijkp}, X_{qjpk}, X_{iqkp} \geq 0$$

ذکر این نکته ضروری است که در این مدل با توجه به اینکه ضرایب محدودیت ها همگی برابر ۱ است لذا تنها اندازه های سمت راست و ضرایب تابع هدف می تواند به صورت اعداد فازی باشد. ضمناً در این مدل برخی از عوامل می توانند به صورت قطعی و برخی فازی باشند.

## روش حل

برای حل مدل در مرحله اول باید به گونه‌ای عوامل و ضرایب فازی مدل به اندازه‌های قطعی تبدیل شوند، به منظور انجام این امر از روش‌های گوناگونی مانند روش میانگین فازی<sup>۱</sup> و یا روش سینکوسکی<sup>۲</sup> می‌توان استفاده کرد ولی برای دسترسی به جواب‌های دقیق و واقعی‌تر استفاده از روش جدید پیشنهاد می‌شود. در این روش امتیاز چپ و راست عدد فازی محاسبه می‌شود، سپس از روی این اندازه‌ها، مقدار امتیاز نهایی عدد فازی محاسبه می‌شود که می‌تواند به جای عدد فازی به عنوان پارامتر مدل مورد استفاده قرار گیرد:

$$\text{امتیاز چپ} \quad X_L = m - \frac{\alpha^2}{(2\alpha + \beta)}$$

$$\text{امتیاز راست} \quad X_R = m + \frac{\beta^2}{(2\beta + \alpha)}$$

$$\text{امتیاز نهایی} \quad X_T = \frac{1}{2} [X_L + X_R] = m + \frac{(\beta - \alpha)(\alpha^2 + 3\alpha\beta + \beta^2)}{2(2\alpha + \beta) \cdot (2\beta + \alpha)}$$

بعد از تبدیل اعداد فازی به اندازه‌های قطعی، مدل را می‌توان با هر یک از روش‌های رایج برنامه‌ریزی حمل مورد حل و بررسی قرار داد.

## کاربرد

برای اینکه کاربرد این مدل بهتر مشخص شود به ذکر یک مسأله می‌پردازیم:

شرکت حمل و نقل بازرگانی پتروشیمی ارائه‌کننده خدمات حمل و نقل برای مجتمع‌های تولیدکننده، مصرف‌کنندگان و بندرهای صادراتی است. عملیات حمل در این شرکت توسط تانکرهای مخصوص حمل بار مایعات و گاز صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه شرکت تعدادی از تانکرها و کشتی‌های خود را به رانندگان واگذار کرده است لذا از نظر هزینه حمل و نقل و

1- Fuzzy Mean Method

2- Minkowsky Method

نوع حمل و نقل کالا، سه نوع تانکر و کشنده به شرح زیر در اختیار این شرکت است:

۱- تانکرهای پیمانکاری

۲- تانکرهای واگذاری

۳- تانکرهای تک واحدی

تانکرهای پیمانکاری، تانکرهایی است که مالکیت آنها در اختیار شرکت حمل و نقل پتروشیمی است. تانکرهای واگذاری تانکرهایی است که به همراه کشنده به صورت اقساط به رانندگان فروخته شده است. تانکرهای تک واحدی تانکرهایی است که به رانندگانی که دارای کشنده باشند اجاره داده می شود.

هزینه حمل و نقل برای هر یک از این تانکرها متفاوت، و مطابق جدول شماره ۱ است.

جدول شماره ۱ - هزینه حمل و نقل برای هر تانکر

نوع عملیات حمل	پیمانکاری	واگذاری	تک واحدی
هزینه حمل و نقل (تن کیلومتر)	۴۸ ریال	۳۴ ریال	۴۴ ریال
ظرفیت حمل (فازی)	(۳۰۰۰،۷۰۰،۹۰۰)	(۸۰۰۰،۵۰۰،۵۰۰)	(۱۱۰۰۰،۱۰۰۰،۷۰۰)

لیست محصولاتی که توسط شرکت حمل و نقل حمل می شود به همراه مبدا و مقصد و مسافت بین آنها در جدول شماره ۲ آمده است. ضمناً لیست تولیدکنندگان (منابع) و مصرف کنندگان (مقاصد) در جدول های شماره ۳ و ۴ به همراه ظرفیت ماهانه آنها ارائه شده است. در این مسأله، هدف مدلسازی مسأله به صورت یک مدل برنامه ریزی حمل و نقل و حل مدل مربوطه به منظور بهینه سازی هزینه حمل و نقل در یک مقطع یک ماهه است.

جدول شماره ۲ - فهرست محصولات، مبدا، مقصد و مسافت آن

ردیف	نام محصول	مبدا	مقصد	مسافت (کیلومتر)
۱	اورتوزایلین	اصفهان	بندر امام خمینی (بندر فارابی)	۹۷۹
۲	پارازایلین	اصفهان	بندرامام خمینی (بندر فارابی)	۹۷۹
۳	بنزین پیرولیز	اراک	ماهشهر	۷۵۶
۴	بنزن	اصفهان	ماهشهر	۹۶۶
۵	منواتیلن گلیکول (MEG)	اراک	بندر امام خمینی	۷۶۹
۶	دی اتیلین گلیکول (DEG)	اراک	بندر امام خمینی	۷۶۹
۷	وینیل استات (VA)	اراک	بندر امام خمینی	۷۶۹
۸	دی اتیل هگزانول (2EH)	اراک	بندر امام خمینی	۷۶۹
۹	متانول	شیراز	بوشهر	۴۱۰
۱۰	نفتا	اصفهان	اراک	۳۴۴

جدول شماره ۳ - فهرست تولیدکنندگان و ظرفیت ماهیانه آنها

ظرفیت ماهیانه	مبدا	نام محصول
(۶۰۰۰ر۴۰۰۰ر۳۰۰۰)	اراک	بنزین پیرولیز
(۶۰۰۰ر۳۰۰۰ر۴۰۰۰)	اراک	منواتیلن گلیکول (MEG)
(۶۰۰۰ر۲۰۰۰ر۳۰۰۰)	اراک	دی اتیلین گلیکول (DEG)
(۳۰۰۰ر۱۵۰۰ر۱۵۰۰)	اراک	وینیل استات (VA)
(۴۰۰۰ر۳۰۰۰ر۲۰۰۰)	اراک	دی اتیل هگزانول (2EH)
(۵۰۰۰ر۵۰۰۰ر۱۵۰۰)	اصفهان	اورتوزایلین
(۴۰۰۰ر۱۰۰۰ر۲۰۰۰)	اصفهان	پارازایلین
(۷۰۰۰ر۱۰۰۰ر۵۰۰۰)	اصفهان	بنزن
(۳۰۰۰ر۲۰۰۰ر۲۰۰۰)	اصفهان	نفتا
(۲۰۰۰ر۴۰۰۰ر۲۰۰۰)	شیراز	متانول

جدول شماره ۴ - فهرست تولیدکنندگان و ظرفیت ماهیانه آنها

ظرفیت ماهیانه	مبدأ	نام محصول
(۳۰۰۰ر۲۰۰ر۲۰۰)	اراک	نفتا
(۲۰۰۰ر۴۰۰ر۲۰۰)	بوشهر	متانول
(۶۰۰۰ر۴۰۰ر۳۰۰)	بندراماهشهر	بنزین پیرولیز
(۷۰۰۰ر۱۰۰ر۵۰)	بندراماهشهر	بنزن
(۵۰۰۰ر۵۰ر۱۵۰)	بندرامام	اورتوزایلین
(۴۰۰۰ر۱۰۰ر۲۰۰)	بندرامام	پارازایلین
(۶۰۰۰ر۳۰۰ر۴۰۰)	بندرامام	منواتیلن گلیکول (MEG)
(۳۰۰۰ر۱۵۰ر۱۵۰)	بندرامام	وینیل استات (VA)
(۴۰۰۰ر۳۰۰ر۲۰۰)	بندرامام	دی اتیل هگزانول (2EH)
(۵۰۰۰ر۲۰۰ر۳۰۰)	بندرامام	دی اتیلین گلیکول (DEG)

با توجه به مطالب مندرج در جدول‌های شماره ۱، ۲، ۳، و ۴ و با توجه به صورت مسأله، مسأله را می‌توان در قالب مدل مورد اشاره در این مقاله مطرح کرد. با توجه به این موارد و با در نظر گرفتن اعداد صورت مسأله به صورت فازی (مثلی) می‌توان مسأله را مدل‌سازی کرد. با حل این مدل به روش برنامه‌ریزی خطی و با استفاده از نرم‌افزار LINDO مقدار زیر برای تابع هدف به دست می‌آید:

هزینه حمل و نقل در یک مقطع یکماهه بر حسب ریال  $Z = 595/939/100$

### نتیجه گیری

مدلی که در این مقاله ارائه شد، مدلی جامع برای مسایل حمل و نقل است که می‌تواند مسایلی بسیار گوناگون در زمینه برنامه‌ریزی حمل و نقل را در محیط‌های قطعی و یا فازی مدل‌سازی، و به صورت مدل برنامه‌ریزی خطی بیان کند. معیار بهینه‌سازی، که در این مدل به کار گرفته شده، حداقل سازی هزینه حمل و نقل است.