مدیریت

ارائه یک مدل بهینه‌سازی ریاضی چند هدفه فازی
در زنجیره تامین صنعت پوشاک

فاطمه درویشی[1] | رضا قاسمی‌یقین[2] و عبدالحسین صادقی[2]

چکیده

درمقاله حاضر، یک مدل غیر خطی چند هدفه عدد صحیح مختلط به منظور تعیین برنامه خرید مواد، تعیین تعداد و نوع وسایل حمل و نقل و برنامه تولید چند سایتی به صورت چند منبعی، چند هدفه، چند مد حمل و نقل و چند محصوله با درنظر گرفتن تخفیف قیمتی در افق برنامه‌ریزی میان مدت و گستره جهانی توسعه داده می‌شود.سپس به منظور حل مدل توسعه داده شده، با خطی‌سازی عبارت‌های غیر خطی موجود در مدل و با استفاده از ارزش بازه‌ای اعداد فازی،مدل خطی معادل قطعی بدست می‌آید. همچنین، از روش Lp –متریک برای محاسبه جواب‌های مدل چند هدفه حاصله استفاده می‌شود. در انتها با استفاده از مطالعه عددی، استقرار مدل فوق در زنجیره عرضه پوشاک انجام می‌شود؛ می‌گیرد.

۱- مقدمه

هدف اصلی و کلی این مقاله، بررسی عمیق تصمیمات خرید و تخصیص سفارش همزمان برنامه تولید و حمل و نقل با وجود تخفیف‌های چند سطحی، برنامه‌ریزی تولید ادغامی و حمل و نقل در حالت چند منبعی، چند کالایی، چند دوره‌ای و چند کارخانه تولیدی، با چند مد حمل و نقل در یک محیط فازی است. این مسائل در صنعت جهانی شده پوشاک و نساجی، با توجه به چالش‌های لجستیکی آن در خرید مواد درنظر گرفته می‌شود. در ادامه این مقاله، ابتدا در بخش ۲ مروری بر ادبیات موضوع انجام می‌شود. در بخش ۳ تعریف مساله و نمادها شرح داده می‌شود. بخش ۴ و ۵ به ترتیب مدلسازی و الگوریتم حل را بیان می‌کنند. در نهایت، نتایج مطالعه عددی و آنالیز حساسیت در بخش ۶ گزارش می‌شود. در بخش ۷ نیز نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای توسعه‌های آتی آورده می‌شود .

۲- مرور ادبیات موضوع

یکی از اولین مقالات در حوزه انتخاب تامین کننده، مقاله قدسی‌پور و برایان است که یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط برای حل مساله منبع‌یابی ارائه داده‌اند در این مقاله سعی شده تا مدل جامعی برای برنامه‌ریزی همزمان خرید، تولید، حمل و نقل در گستره جهانی در صنعت پوشاک توسعه داده شود؛ لذا سهم علمی این مقاله که آن را از ادبیات موضوع متمایز می‌سازد به صورت زیر است:

– یک مدل بهینه‌سازی غیرخطی عدد صحیح مختلط چند هدفه در محیط فازی با اهداف کمینه‌سازی کل هزینه‌ها و محصولات دارای تاخیر و بیشینه‌سازی ارزش کل خرید با مدل‌سازی متراژ مورد نیاز برای تولید یک واحد پیراهن از طریق نرم‌افزار جمینی، ارائه می‌شود.

– درخت محصول (BOM) در صنعت پوشاک مدل‌سازی ریاضی می‌شود و با استفاده از نرم افزار جمینی، مقادیر آن برآورد می‌شود .

۳- تعریف مساله

یک سازمان مرکزی را در نظر بگیرید که با مساله برنامه‌ریزی خرید مواد اولیه خود مواجه است و می‌خواهد در مورد

میزان خرید مواد اولیه از تامین‌کنندگان جهانی، تعداد و نوع وسایل نقلیه و میزان تولید در شرایط عدم قطعیت تصمیم‌گیری کند. تصمیماتی که در این تحقیق برنامه‌ریزی و اتخاذ میشوند به صورت زیر است:

(۱) برنامه‌ریزی خرید مواد اولیه (پارچه) در گستره جهانی: به منظور تعیین میزان سفارش در هر دوره با درنظر گرفتن سطوح تخفیف و نرخ ارز در هر دوره

(۲) برنامه‌ریزی حمل و نقل: به منظور تعیین تعداد و نوع وسایل حمل و نقل مورد نیاز در هر دوره

(۳) برنامه‌ریزی تولید چند سایتی: به منظور تعیین مقدار تولید پوشاک در وقت عادی و اضافی، سطح نیروی انسانی و میزان موجودی پارچه و پوشاک در هر دوره در هر کارخانه‌تولیدی.

٤- مدل‌سازی ریاضی

مدل ریاضی چند هدفه با اهداف حداقل کردن هزینه‌ها، محصولات دارای تاخیر و حداکثر کردن ارزش کل خرید با وجود محدودیت‌ها به صورت زیر فرمول‌بندی می‌شود:

$$\text{TVP}=\sum_{i}\sum_{n}\sum_{j}\sum_{g}\sum_{t}(\tilde{q}_{in}+\tilde{R}_{i})xs_{injgt} \quad , \quad \text{LD}=\sum_{i}(\tilde{ld}_{i}\sum_{n}\sum_{j}\sum_{g}\sum_{t}xs_{injgt})$$

$$\text{TC}=\sum_{r}\sum_{i}\sum_{t}(\tilde{\text{E}}_{it}\times(1-d_{ri})\times \text{V}_{rit})+\sum_{i}\sum_{j}\sum_{g}\sum_{t}(nsp_{ijgt}\times dd_{ij}\times\tilde{\text{E}}_{it}\times\tilde{VC}_{ig})+\sum_{n}\sum_{j}\sum_{t}(\tilde{ic}^{F}_{njt}\times I^{F}_{njt})+\sum_{m}\sum_{n}\sum_{j}\sum_{t}(\tilde{ic}^{AP}_{mnjt}\times I^{AP}_{mnjt})$$

$$+\sum_{m,\text{k}}\sum_{n}\sum_{j}\sum_{t}(\tilde{\text{PC}}^{R}_{mnjt}\times x^{R}_{mnjkt})+\sum_{m,\text{k}}\sum_{n}\sum_{j}\sum_{t}(\tilde{PC}^{O}_{mnjt}\times x^{O}_{mnjkt})$$

$$+\sum_{j}\sum_{t}(\tilde{FC}_{jt}\times uy_{jt})+\sum_{j,\text{k}}\sum_{t}(\tilde{LC}_{j}\times N_{jkt})+\sum_{j,\text{k}}\sum_{t}(L\tilde{HC}_{j}\times N^{H}_{jtk})+\sum_{j,\text{k}}\sum_{t}(L\tilde{FC}_{j}\times N^{F}_{jtk})$$

s.t.

$$\sum_{g}\sum_{j}xs_{injgt}\le C_{ik} \qquad \forall i,n,t \qquad (1)$$

$$nsp_{ijgt}=\left\lceil\frac{\sum_{n}(\frac{xs_{injgt}}{M})\times\tilde{vF}_{n}}{vT_{g}}\right\rceil \qquad \forall i,g,j,t \qquad (2)$$

$$\sum_{k}x^{R}_{mnjkt}\le\tilde{cap}^{1}_{nmj} \quad \forall m,\text{n},j,t \quad , \quad x^{O}_{mnjkt}\le\tilde{cap}^{4}_{mnj} \quad \forall m,j,\text{n},t,\text{k}=1 \qquad (3-4)$$

$$I^{F}_{nj(1)}=I^{F}_{0nj}+\sum_{i}\sum_{g}xs_{injg(1)}-\sum_{m,k}(x^{R}_{mnjk(1)}\times B\tilde{O}M_{mn})-\sum_{m,\text{k}}(x^{O}_{mnjk(1)}\times B\tilde{O}M_{mn}) \quad \forall n,j,t=1 \qquad (5)$$

$$I^{F}_{njt}=I^{F}_{nj(t-1)}+\sum_{i}\sum_{g}xs_{injgt}-\sum_{m,k}(x^{R}_{mnjkt}\times B\tilde{O}M_{mn})-\sum_{m,\text{k}}(x^{O}_{mnjkt}\times B\tilde{O}M_{mn}) \quad \forall n,j,t>1 \qquad (6)$$

$$I^{AP}_{mnj(1)}=I^{AP}_{0mnj}+\sum_{k}x^{R}_{mnjk(1)}+\sum_{k}x^{O}_{mnjk(1)}-D_{mnj(1)} \qquad \forall m,n,j,t=1 \qquad (7)$$

$$I^{AP}_{mnjt}=I^{AP}_{mnj(t-1)}+\sum_{k}x^{R}_{mnjkt}+\sum_{k}x^{O}_{mnjkt}-D_{mnjt} \qquad \forall m,n,j,t>1 \qquad (8)$$

$$\sum_{n}(\frac{I^{F}_{njt}}{M})\times\tilde{vF}_{n}\le\tilde{cap}^{2}_{j} \quad , \quad \sum_{m}\sum_{n}(I^{AP}_{mnjt}\times vC_{m})\le\tilde{cap}^{3}_{j} \qquad \forall j,t \qquad (9-10)$$

$$\text{uy}_{jt}\le\sum_{i}\sum_{m}\sum_{n}(\text{x}^{R}_{mnjkt}+x^{O}_{mnjkt})\le\text{uy}_{jt}.\text{big}\,M \qquad \forall j,t \qquad (11)$$

$$\sum_{r}\text{V}_{rit}=\sum_{n}\sum_{g}\sum_{j}(\tilde{p}_{nit}\times xs_{injgt}) \qquad \forall i,t \qquad (12)$$

$$b_{it(r-1)}\times u_{itr}\le\text{V}_{rit}<b_{itr}\times u_{itr} \quad \forall r,\text{i},t \quad , \quad \sum_{r}u_{itr}\le 1 \qquad \forall i,t \qquad (13-14)$$

$$N_{jkt}=N_{0jk(1)}+N^{H}_{0jk(1)}-N^{F}_{0jk(1)} \qquad \forall j,\text{k},t=1 \qquad (15)$$

$$N_{jkt}=N_{jk(t-1)}+N^{H}_{jtk}-N^{F}_{jtk} \qquad \forall j,\text{k},t>1 \qquad (16)$$

$$N_{jkt}\le\text{L}^{\max}_{jkt} \qquad \forall j,\text{k},t \qquad (17)$$

$$\sum_{m,n}(a_{mnjit}\times x^{R}_{mnjit})\le N_{jkt}\times(\beta_{1})\times(\text{day}_{jt}) \qquad \forall j,\text{k},t \qquad (18)$$

$$\sum_{m,n}(a_{mnjit}\times x^{O}_{mnjit})\le N_{jkt}\times(\beta_{2})\times(\delta_{t})\times(\text{day}_{jt}) \qquad \forall j,t,\text{k}=1 \qquad (19)$$

$$N^{F}_{jtk}\le LF^{\max} \qquad \forall j,t,\text{k} \qquad (20)$$

$$x^{R}_{mnjkt},x^{O}_{mnjkt},xs_{injgt},\text{V}_{rit},I^{AP}_{mnjt},I^{F}_{njt},N_{jkt},N^{H}_{jtk},N^{F}_{jtk}\ge 0 \qquad (21)$$

$$u_{itr}\in\{0,1\} \quad , \quad uy_{jt}\in\{0,1\},nsp_{ijgt}\ge 0,\text{integer} \qquad \forall i,g,t,j \qquad (22)$$

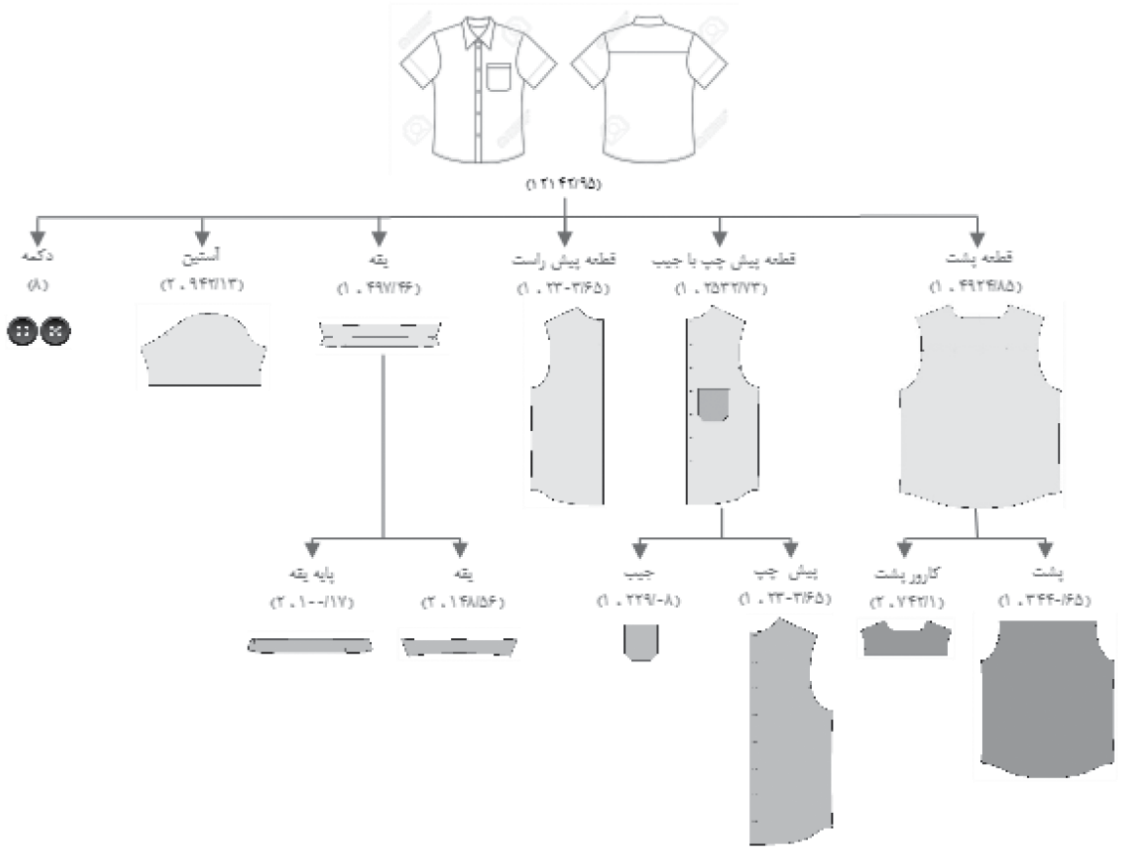
تابع هدف اول (TVP) به منظور حداکثر کردن ارزش کل خرید و تابع هدف دوم (LD) به منظور حداقل کردن جهت حداقل کردن محصولات دارای تاخیر است.
تابع هدف سوم TC جهت حداقل کردن هزینه‌های زنجیره عرضه، شامل هزینه‌های خرید، حمل و تولید و نیروی انسانی است.
در ادامه، محدودیت (۱) مرتبط با ظرفیت هر تامین‌کننده است. محدودیت (۲) تعداد وسایل حمل و نقل از هر تامین‌کننده به هر کارخانه را نشان می‌دهد.
محدودیت (۴-۳) به ترتیب بیان میکنند که میزان ترتیب – تولید در وقت عادی/اضافی، حداکثر با ظرفیت تولید کارخانه در وقت عادی/اضافی برابر است.
محدودیت‌های (۶-۵) به ترتیب تعادل موجودی را برای پارچه در دوره اول و سایر دوره‌ها نشان می‌دهند. محدودیت‌های (۸-۷) به ترتیب معادله بالانس موجودی را برای پوشاک در دوره اول و سایر دوره‌ها نشان می‌دهند.
محدودیت های (۱۰-۹) به ترتیب بیان می‌کنند که میزان نگهداری پارچه/ پوشاک حداکثر برابر ظرفیت نگهداری کارخانه برای پارچه/پوشاک است. محدودیت (۱۱) نشان دهنده متغیرباینری مرتبط با هزینه ثابت راه‌اندازی تولید است. محدودیت‌های (۱۴-۱۲) ا مرتبط با حجم کسب وکار خریداری شده و سطوح تخفیف ارائه شده از سوی تامین‌کنندگان‌است.
محدودیت (۱۹-۱۵) محدویت (۲۰) بیان می‌کندتعداد نیروی انسانی اخراج شده از یک تعداد معینی نمی‌تواند بیشتر باشد. در ادامه، نیز سایر محدودیت‌های غیرمنفی، باینری و عدد صحیح نشان داده شده است. لازم به ذکر است که علامت I,I یعنی آن پارامتر دارای عدم قطعیت است .

۵- نحوه مدل‌سازی BOM پیراهن

عبارت BOM_{mn} در محدودیت‌های (۶-۵) بیانگر متراژی از پارچه nام مورد نیاز برای تولید پوشاک mام است. در این مقاله دو نوع پارچه (ساده و راه راه) و دو نوع پیراهن مردانه (آستین کوتاه و بلند) درنظر گرفته شده است. به همین منظور، شکل ۱ اجزاء مورد نیاز برای تولید یک پیراهن آستین کوتاه از پارچه ساده را نشان می‌دهد.
برای به دست آوردن BOM_{mn} لازم است تا تعداد هر یک از قطعات مورد نیاز و متراژ مورد نیاز هر قطعه در نظر گرفته شود. از آنجا که هر مدل پیراهن در سایزهای مختلفی تولید می‌شود و استاندارد دقیقی برای متراژ هر قطعه وجود ندارد، بنابراین با استفاده از نرم‌افزار الگوسازی جمینی، متراژ هر قطعه برای سه سایز ۴۲، ۴۴ و ۴۶ اندازه گرفته می‌شود. سپس متراژ هر قطعه در تعداد مورد نیاز هر قطعه برای تولید یک پیراهن، ضرب می‌شود. بنابراین، فرمول ریاضی برای به دست آوردن متراژ مورد نیاز برای هر سایز BOM_{mn} به صورت زیر است:

$$BOM_{mn} = \sum_{b} \alpha_{mnb} \times M_{mnb} \qquad \forall m,n$$

در نمودار اجزا پیراهن مردانه، اعداد داخل پرانتز به صورت (M_{mnb}، α_{mnb}) هستند. به عبارت دیگر، به ترتیب عدد اول (α_{mnb}) تعداد مورد نیاز از قطعه b و عدد دوم (M_{mnb}) متراژ هر قطعه را برحسب سانتی‌متر مربع بیان می‌کند. همچنین، نحوه محاسبه متراژ موردنیاز و نمودار اجزا نیز برای پیراهن‌های راه راه نیز مشابه نمودار پیراهن‌های ساده است با این تفاوت که میزان پارچه مصرفی در تولید پیراهن‌های راه‌راه نسبت به ساده



شکل ۱- اجزاء پیراهن مردانه آستین کوتاه

جدول ۱: متراژ مورد نیاز برای تولید هر پیراهن با جمینی

مدل پیراهن	سایز	متراژ بدست آمده از نرم‌افزار (cm^2)	متراژ پارچه ساده (m^2)	متراژ پارچه راه‌راه (m^2)
پیراهن آستین کوتاه	۴۲	۱۲۱۴۲/۹۵	۱/۵	۱/۶۴
	۴۴	۱۲۷۵۰/۰۹۷	۱/۵۳	۱/۷۲
	۴۶	۱۳۳۸۷/۶	۱/۶۱	۱/۸۱
پیراهن آستین بلند	۴۲	۱۴۶۰۹/۵۹	۱/۷۵	۱/۹۷
	۴۴	۱۶۰۷۰/۵۵	۱/۹۳	۲/۱۷
	۴۶	۱۷۶۷۷/۶۱	۲/۱۲	۲/۳۹
متوسط متراژ مورد نیاز برای پیراهن آستین کوتاه(m^2)			۱/۵۵	۱/۷۲
متوسط متراژ مورد نیاز برای پیراهن آستین بلند (m^2)			۱/۹۳	۲/۱۸

جدول ۲: میزان خرید پارچه (برحسب متر مربع) از هر واحد بافندگی برای کارخانه ۱

i	n	j	g	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
2	2	1	1	8112.500					
3	1	1	2	4818.500	20344.550	10635.538	25431.025		2298.513
3	2	1	2		24052.550	17493.713	8359.825	11664.663	18595.125

جدول ۳ میزان تولید پوشاک در وقت عادی برای کارخانه ۱و هر دوره

j	m	n	t	k=1	k=2	j	m	n	t	k=1	k=2
1	1	1	1	2200		1	1	2	4		1983.414
1	1	1	2		4430	1	1	2	8	1748.179	
1	1	1	3		4430	1	1	2	9	135	
1	1	1	4		4430	1	2	1	1		2000
1	1	2	1	2200		1	2	1	2		4930
1	1	2	2		3930	1	2	1	5	4930	
1	1	2	3	3930		1	2	2	1	2800	

جدول ٤: تعداد نیروی انسانی در حال کار، اخراج شده و استخدام شده برای کارخانه ۱

تعداد نیروی انسانی در حال کار				تعداد نیروی انسانی اخراج شده				تعداد نیروی انسانی استخدام شده			
		k				k				k	
j	t	1	2	j	t	1	2	j	t	1	2
1	1	70	50								
1	2	55	35	1	2	15	15				
1	3	40	20	1	3	15	15				
1	4	25	5	1	4	15	15				
1	5	10		1	5	15	5				
1	6	5.64		1	6	4.35					
1	8	1.65		1	8	3.99					
1	9	6.02						1	9	4.36	1

تا حدودی بیشتر است. از طرف دیگر، فرض می‌شود که برای پارچه ساده، ۲۰ درصد و برای پارچه‌های راه‌راه، ۳۵ درصد از کل پارچه مورد نیاز برای تولید یک واحد پیراهن، در فرآیند الگوچینی و برش، بلااستفاده باقی می‌ماند.

با توجه به موارد فوق، تعیین دقیق یک عدد برای متراژ مورد نیاز پارچه میسر نیست و به عوامل مختلفی از جمله، سایز پوشاک، جنس پارچه، عرض پارچه، طول راپورت در پارچه‌های راه‌راه، نحوه چیدمان الگوها و مانند آن بستگی دارد، بنابراین، پارامتر BOM_{mn} به صورت مجموعه فازی مدل‌سازی میشود تا عدم قطعیت موجود در این پارامتر در نظر گرفته شود. جدول ۱، متراژ مورد نیاز برای هر پیراهن از هر پارچه را نشان می‌دهد.

٦-مطالعه عددی در زنجیره عرضه پوشاک

محاسبات لازم برای حل مدل اول با استفاده از نرم افزار گمس نسخه ۲۵ و حل‌کننده CPLEX انجام شده است. نتایج متغیرهای تصمیم در جدول‌های ۲ تا ۴ گزارش می‌شود. در جدول ۲، میزان سفارش کارخانه اول به هر عرضه‌کننده برای هر پارچه نشان داده شده است. از طرف دیگر، میزان تولید پوشاک در وقت عادی برای هر پیراهن تولید شده از هر پارچه برای کارخانه ۱، در جدول ۳ آورده شده است. سطح نیروی انسانی در حال کار، اخراج/ استخدام شده برای کارخانه ۱ در جدول ۴ برای هر کارخانه و هر دوره آورده شده است.

۷-نتیجه‌گیری

در این مقاله، در حالت یکپارچه، تصمیمات برنامه‌ریزی خرید مواد اولیه (مانند پارچه)، انتخاب منبع خرید و برنامه حمل و تولید ادغامی چند سایتی در گستره جهانی در شرایط عدم با لحاظ نمودن موضوعاتی چون نرخ ارز، سطوح تخفیف و امتیاز کیفیتی پارچه عرضه شده توسعه داده شد. برای چنین محیطی، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی چند هدفه فازی توسعه داده شد که با توجه به خواص ریاضی مدل یک الگوریتم حل تلفیقی برای محاسبه جواب‌های بهینه پارتو پیشنهاد شد. این الگوریتم از مفاهیم ارزشمندی مانند ارزش انتظاری بازهای و مدل‌سازی- LP متریک بهره‌گیری می‌کند.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت نساجی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲- استادیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر