ارزیابی ریسک تقاضا، حمل و نقل کالاهای خطرناک و هزینه راه‌اندازی در زنجیره تأمین

لیلا توکلی[1*]، مسعود ربانی[2]
دانشکده فنی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۲/۲۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۴/۱۷

چکیده

وجود ریسک و عدم قطعیت در زنجیره تأمین از جمله مهم‌ترین عوامل کاهش سطح خدمت به مشتری و عملکرد زنجیره تأمین می‌باشد. با توجه به اهمیت مسئله مدیریت ریسک و رشد روزافزون آن در دهه‌های اخیر، هدف این مقاله توسعه مدل شبکه توزیع در یک زنجیره تأمین با در نظر گرفتن چند سطح ظرفیت، تحت شرایط ریسک برای نخستین بار می‌باشد. عوامل تحت ریسک ارائه شده در این مقاله عبارتند از ریسک هزینه راه‌اندازی انبار و کارخانه، ریسک محیطی ناشی از حمل و نقل کالاهای خطرناک و ریسک تقاضای تصادفی می‌باشند. در پایان مدل اصلاح شده تحت شرایط ریسک ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک، زنجیره تأمین، هزینه راه‌اندازی، حمل و نقل کالاهای خطرناک، تقاضای تصادفی.

۱- مقدمه

ریسک در یک سازمان عبارت است از احتمال اینکه یک تهدید مشخص بتواند از یک آسیب‌پذیری خاص موجود در سیستم‌های آن سازمان استفاده نماید. تقریباً می‌توان گفت همه فعالیت‌های بشری دربردارنده درجاتی از ریسک است، با این همه برخی از آنها ریسک‌های بیشتری را به همراه دارند. در ادبیات مالی ریسک را می‌توان به صورت رویدادهای غیرمنتظره که معمولاً به صورت تغییر در ارزش دارایی‌ها یا بدهی‌ها می‌باشد، تعریف کرد.

بنگاه‌های مختلف در معرض انواع متفاوتی از ریسک قرار دارند که به‌طور کلی می‌توان آنها را به دو دسته ریسک‌های تجاری و ریسک‌های غیرتجاری تقسیم کرد.

۱-۱- ریسک‌های تجاری

آن دسته از ریسک‌هایی هستند که از دید بنگاه، برای سهام‌داران مزیت رقابتی و ارزش افزوده ایجاد می‌کنند. ریسک تجاری به بازار محصولی که یک بنگاه در آن فعالیت می‌کند مربوط می‌شود. این بازار شامل نوآوری‌های فناورانه، طراحی محصول و بازاریابی می‌شود. نسبت عملیاتی (نسبت هزینه‌های ثابت به هزینه‌های متغیر) هم یک متغیر مهم محسوب می‌شود. پذیرش منطقی ریسک تجاری، یک مزیت رقابتی در هر کسب و کار محسوب می‌شود. فعالیت‌های تجاری هم‌چنین با ریسک‌های اقتصاد کلان سر و کار دارند که ناشی از چرخه‌های اقتصادی و نوسان درآمد و سیاست‌های پولی است.

۱-۲- ریسک‌های غیرتجاری

سایر ریسک‌هایی که بنگاه بر آنها کنترلی ندارد، دسته ریسک‌های غیرتجاری را تشکیل می‌دهند. این دسته شامل ریسک‌های استراتژیک می‌شوند که نتیجه تغییرات بنیادی در محیط سیاسی و اقتصادی هستند.

امروزه افزایش تعداد مشتریان در اغلب صنایع، شبکه‌های زنجیره تأمین را گسترده و بسیار پیچیده نموده است، به‌طوری

۱*- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه تهران، نویسنده پاسخگو، پست‌الکترونیکی: l.tavakoli@ut.ac.ir، نشانی: دانشگاه تهران، دانشکده فنی، گروه مهندسی صنایع
۲- استاد گروه مهندسی صنایع دانشکده فنی دانشگاه تهران، پست‌الکترونیکی: mrabani@ut.ac.ir

که این شبکه‌ها برای افزایش سطح خدمت به مشتریان نیازمند استفاده از جریان‌های فیزیکی و اطلاعاتی بسیار قوی می‌باشند.

این افزایش پیچیدگی در شبکه‌های زنجیره تأمین موجب افزایش ریسک و وجود عدم قطعیت هر چه بیشتر در این شبکه‌ها می‌شود[۱]. وجود ریسک‌های بسیار زیاد در زنجیره تأمین می‌تواند تأثیر منفی بسیار زیادی بر عملکرد شبکه زنجیره تأمین داشته باشد. از این رو مدیریت ریسک در زنجیره تأمین به‌منظور دست‌یابی به سطح بالاتر خدمت-دهی و کاهش هزینه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از جمله کارهای انجام شده در زمینه مدیریت ریسک در زنجیره تأمین می‌توان به مقالات جیاناکیس و همکاران، براون وهمکاران، تاه وهمکاران اشاره کرد.

به‌همین منظور و با توجه به در نظر گرفته نشدن ریسک در یک مسئله مکان‌یابی کارخانه و انبار در حالت وجود چند سطح ظرفیت، در این مقاله به ارزیابی ریسک‌های موجود در مدل ریاضی ارائه شده توسط امیری می‌پردازیم که شامل مکان‌یابی کارخانه‌های تولیدی و انبارهای توزیع و تعیین بهترین استراتژی برای توزیع محصول از کارخانه به انبار و از انبار به مشتریان می‌باشد[۵]. تابع هدف این مسئله تعیین تعداد، مکان و ظرفیت بهینه برای بازسازی کارخانه‌ها و انبارها به‌منظور برآورده‌سازی تقاضای مشتریان می‌باشد. در این مدل چندین سطح ظرفیت برای انبارها و کارخانه‌ها در نظر گرفته شده است.

پارامترهای مدل

N	مجموعه مشتری‌ها
M	مجموعه مکان‌های بالقوه انبار
L	مجموعه مکان‌های بالقوه کارخانه
Q	مجموعه سطوح ظرفیت در دسترس برای انبارهای بالقوه
H	مجموعه سطوح ظرفیت در دسترس برای کارخانه‌های بالقوه
C_{ij}	هزینه تأمین یک واحد کالای مشتری i با استفاده از انبار j
C'_{js}	هزینه تأمین یک واحد کالای انبار j با استفاده از کارخانه s
F_j^q	هزینه ثابت در هر واحد زمان برای راه‌اندازی انبار j با سطح ظرفیت q
G_s^h	هزینه ثابت در هر واحد زمان برای راه‌اندازی کارخانه s با سطح ظرفیت h
a_i	تقاضای مشتری i
b_j^q	سطح ظرفیت q برای انبار بالقوه j
e_s^h	سطح ظرفیت h برای کارخانه بالقوه s

متغیرهای مسئله

x_{ij}	کسری از تقاضای مشتری i که از طریق انبار j ارسال می‌شود
y_{js}^q	کسری از جریان ارسال شده از کارخانه s به انبار j با سطح ظرفیت q
U_j^q	برابر ۱ اگر انبار j با سطح ظرفیت q باز شود و صفر در غیر این صورت
v_s^h	برابر ۱ اگر کارخانه s با سطح ظرفیت h راه‌اندازی شود و صفر در غیر این صورت

مدل مسئله بدون وجود ریسک

$$Z_p = Min \sum_i\sum_j C_{ij}\, a_i\, x_{ij} + \sum_q\sum_j\sum_s C'_{js}\, b_j^q\, y_{js}^q + \sum_j\sum_q F_j^q\, U_j^q + \sum_s\sum_h G_s^h\, V_s^h \quad (۱)$$

$$\sum_j x_{ij} = 1 \qquad \forall i \quad (۲)$$

$$\sum_i a_i\, x_{ij} \le \sum_q b_j^q\, U_j^q \qquad \forall j \quad (۳)$$

$$\sum_q U_j^q \le 1 \qquad \forall j \quad (۴)$$

$$\sum_i a_i\, x_{ij} \le \sum_q\sum_s b_j^q\, y_{js}^q \qquad \forall j \quad (۵)$$

$$\sum_j\sum_q b_j^q\, y_{js}^q \le \sum_h e_s^h\, v_s^h \qquad \forall s \quad (۶)$$

$$\sum_h v_s^h \le 1 \qquad \forall s \quad (۷)$$

$$X_{ij} \ge 0 \qquad \forall i \text{ and } j \quad (۸)$$

$$U_j^q \in \{0,1\} \qquad \forall j, q \quad (۹)$$

$$y_{js}^q \ge 0 \qquad \forall s, j \text{ and } q \quad (۱۰)$$

$$v_s^h \in \{0,1\} \qquad \forall s \text{ and } h \quad (۱۱)$$

مدل ارائه شده کل هزینه‌های مربوط به تأمین تقاضای مشتریان از طریق انبار، هزینه ارسال از کارخانه به انبار و هزینه‌های مرتبط با ایجاد و راه‌اندازی کارخانه‌ها و انبارها را حداقل می‌کند. محدودیت دوم تضمین می‌کند که تقاضای همه مشتریان با استفاده از انبارهای راه‌اندازی شده تأمین شود. رابطه‌های (۳) و (۵) تضمین می‌کنند که کل جریان ارسالی از انبارهای باز شده به کارخانه‌ها از ظرفیت کارخانه و کل تقاضای تأمین شده مشتریان از طریق انبارها از ظرفیت انبارهای بازشده تجاوز نمی‌کنند. رابطه‌های (۴) و (۷) تضمین می‌کنند که هر انبار و کارخانه تنها یک سطح ظرفیت را می‌تواند اختیار کنند. رابطه (۶) محدودیت ظرفیت هر کارخانه را برای ارسال جریان به انبارها نشان می‌دهد. در انتها رابطه‌های (۸) و (۱۰) محدودیت غیرمنفی بودن متغیرهای تصمیم است و رابطه‌های (۹) و (۱۱) محدودیت متغیرهای باینری می‌باشند.

از جمله مهم‌ترین ریسک‌های موجود در یک زنجیره تأمین می‌توان به ریسک موجود در هزینه لازم برای راه‌اندازی

تسهیلات، ریسک محیطی ناشی از حمل و نقل کالاهای خطرناک و ریسک ناشی از تقاضای تصادفی در زنجیره تأمین اشاره کرد که در این مقاله به کمی‌سازی این ریسک‌ها پرداخته می‌شود و در نهایت مدل اصلاح شده در شرایط وجود ریسک و عدم قطعیت ارائه می‌شود.

۲- کمی‌سازی ریسک موجود در پارامترهای مسئله

در این بخش به تعیین پارامترهای تحت تأثیر ریسک و ارائه مدل ریاضی مناسب برای اندازه‌گیری ریسک هر پارامتر می‌پردازیم. پارامترهای تحت تأثیر ریسک در این مدل عبارتند از: تقاضا، حمل و نقل و هزینه راه‌اندازی، که در ادامه روش‌های کمی‌سازی موجود در ادبیات را ارائه کرده و سپس به بازنویسی مدل ذکر شده در این پژوهش پرداخته می‌شود.

۲-۱- کمی‌سازی ریسک هزینه راه‌اندازی

به‌منظور کمی‌سازی این ریسک فرض می‌شود f_i عبارت است از هزینه راه‌اندازی تسهیل i ام $i \in I$ و $I=\{0,\dots,1\}$ و I تعداد مکان‌های ممکن برای راه‌اندازی تسهیلات موجود می‌باشد. برای انجام تصمیمات مدیریتی تحت شرایط ریسک، لازم است که تحلیل ریسک انجام شود. پارامتر تحت ریسک به‌طور منفرد اندازه‌گیری شده و در انتها ریسک کل مدل محاسبه می‌شود. برای اندازه‌گیری ریسک مکان‌یابی تسهیلات بایستی شاخص ریسک R تعیین شود، که این شاخص شامل فاکتورهای محیطی چون فاکتورهای سیاسی، اقتصادی، طبیعی و غیرطبیعی و فاکتورهایی که به‌طور مستقیم به خدمات ارائه شده برای مشتریان وابسته است می‌باشد. در این شرایط می‌توان شاخص ریسک را با میانگین وزنی شاخص‌های ریسک تعیین شده جایگزین کرد. در این‌جا، احتمال هر فاکتور به‌عنوان وزن آن فاکتور در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین متغیر تصادفی ξ با توزیع گسسته که نشان دهنده هزینه‌های f_i (در شرایط ریسک هزینه مربوطه می‌تواند مقادیر مختلفی را با احتمال‌های متفاوتی اختیار کند) می‌باشد معرفی می‌شود.

فرض می‌شود که ξ مقادیر گسسته f_n^i را در فاصله $[f_n^i , f_{n+1}^i)$ با احتمال p_n^i اختیار کند. f_n^i به‌عنوان مقدار هزینه راه‌اندازی تسهیل i ام تحت ریسک n بوده و p_n^i وزن تعیین شده برای f_n^i می‌باشد. بنابراین هزینه راه‌اندازی هر تسهیل که به‌صورت میانگین وزنی هزینه‌های راه‌اندازی آن تسهیل تحت ریسک‌های مؤثر بر آن می‌باشد به صورت رابطه (۱۲) تعریف می‌شود:

$$f_i = M\xi_i = \sum_{n=0}^{\infty} f_n^i p_n^i \quad and \quad \sum_{n=0}^{\infty} p_n^i = 1 \qquad (۱۲)$$

اگر k_i بیشترین مقدار ممکن f_i در نظر گرفته شود و بتوان مقداری برای k_i یافت به‌طوری که برای هر $\forall$ $p_n^i = 0$ ، $n > k_i$ آنگاه خواهیم داشت:

$$f_i = \sum_{n=0}^{ki} f_n^i p_n^i \qquad (۱۳)$$

پس از تعیین هزینه راه‌اندازی براساس میانگین وزنی از فاکتورهای تحت تأثیر ریسک، بایستی مقادیر احتمالات هر فاکتور یعنی مقدار p_n^i را تعیین کرد. از آن‌جایی که مقدار p_n^i به انواع مختلف ریسک‌هایی چون ریسک سیاسی، اقتصادی و غیره وابسته می‌باشد، و این ریسک‌ها هم می‌توانند بر یکدیگر اثرگذار باشند، بنابراین مقدار احتمال کل برای هر تسهیل به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$p_n^i = \sum_{w(1)\dots w(r) \in \{0,1\}} p^i(R_1^{w(1)} R_2^{w(2)} \dots R_r^{w(r)}) \cdot P^i(f_n^i / R_1^{w(1)} R_2^{w(2)} \dots R_r^{w(r)}) \qquad (۱۴)$$

$$R_i^{w(i)} = \begin{cases} R_i & w(i)=1 \\ 1-R_i & w(i)=0 \end{cases} \qquad (۱۵)$$

برای محاسبه هزینه تحت شرایط ریسک بایستی به این ترتیب ادامه دهیم: ابتدا باید مقدار $p^i(R_1^{w(1)} R_2^{w(2)} \dots R_r^{w(r)})$ محاسبه شود، به این منظور باید هر فاکتور ریسک به کلیه زیر بخش‌های خود، یعنی عوامل مؤثر بر آن تقسیم شود. سپس سطح فاکتور ریسک به صورت (خیلی پایین، پایین، متوسط، بالا و خیلی بالا) وابسته به تابع عضویت ذوزنقه‌ای شکل مشخص شود[۷]. هم‌چنین α_l به‌عنوان بیشترین مقدار تابع عضویت برای هر سطح فاکتور ریسک تعیین می‌شود. بنابراین:

$$p^i(R_1^{w(1)} R_2^{w(2)} \dots R_r^{w(r)}) = \sum_{k=1}^{K} p_k \sum_{l=1}^{L} \alpha_l \mu_{ml} \qquad (۱۶)$$

در اینجا p_k به‌عنوان درجه اهمیت k امین زیر فاکتور مشخص می‌شود و μ_{ml} عبارت است از مقدار تابع عضویت l امین سطح وابسته به k امین زیر فاکتور. خلاصه اطلاعات ذکر شده را می‌توان در جدول (۱) مشاهده کرد.

جدول (۱): ماتریس تخمین فاکتورهای بنیادی[۷]

زیر فاکتور	وزن زیر فاکتور	مقدار μ_{ml} برای زیر فاکتورها			
		μ_{1l}	μ_{2l}	...	μ_{ml}
F_1 F_2 ... F_k	P_1 p_2 ... P_k	b	a b		 c d
		$\alpha_1=max\mu_{1l}$	$\alpha_2=max\mu_{2l}$	...	$\alpha_l=max\mu_{ml}$

هم‌چنین در ماتریس جدول (۱) P_k به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$P_k= 2(K-k+1)/(k+1)K \qquad (۱۷)$$

که k شماره زیر فاکتور فعلی و K تعداد کلیه زیر فاکتورها می‌باشد. به این منظور و برای تعیین k بایستی همه آنها به ترتیب اهمیت طبقه‌بندی شوند و آن‌گاه P_k مربوط به هر کدام محاسبه شود. مقادیر a, b, c, d و غیره در ماتریس جدول (۱) مقدار ضریب اطمینان از هر زیر فاکتور را در هر مجموعه از سطوح نشان می‌دهد. به‌طور مثال زیر فاکتور ۲ با درجه اطمینان برابری می‌تواند در سطح پایین یا خیلی پایین باشد. در انتها معادله مربوط به هزینه راه‌اندازی تحت ریسک به‌صورت زیر می‌باشد:

$$f_i=\sum_i \epsilon_I \sum_{n=0}^{ki} f_n^i \sum_{w(1)\dots w(r)} \epsilon_{\{0,1\}} p^i(R_1^{w(1)}R_2^{w(2)} \dots R_r^{w(r)}).p^i(f_n^i/R_1^{w(1)}R_2^{w(2)} \dots R_r^{w(r)}) \qquad (۱۸)$$

$$p^i(R_1^{w(1)}R_2^{w(2)} \dots R_r^{w(r)}) =\sum_{k=1}^{K} p_k \sum_{l=1}^{L} \alpha_l \mu_{ml} \qquad (۱۹)$$

$$P_k= 2(K-k+1)/(k+1)K \qquad (۲۰)$$

فرض می‌شود سطوح مختلف ظرفیت انبار و کارخانه ریسک‌های مربوط به خود را دارند، بنابراین f_i در روابط بالا در مدل اصلی برای تأسیس انبار و کارخانه به‌صورت G_j^h, F_j^q درمی‌آید. به‌طوری که در روابط فوق مقادیر $p^{sh}(R_1^{w(1)}R_2^{w(2)}(\dots R_r^{w(r)})$ و $p^{jq}(R_1^{w(1)}R_2^{w(2)} \dots R_r^{w(r)})$ و p_k با توجه ماتریس مربوط به آن مکان و روابط مربوط به آنها محاسبه می‌شود. به‌عبارتی برای هر مکان برای انبار و یا کارخانه و هم‌چنین در هر سطح ظرفیت ماتریسی وجود دارد که می‌توان براساس آن روابط مورد نیاز را محاسبه کرد.

۲-۲- ارزیابی ریسک محیطی ناشی از حمل و نقل کالاهای خطرناک

از جمله مهم‌ترین بخش‌های یک زنجیره تأمین می‌توان به سیستم حمل و نقل در آن زنجیره اشاره کرد. هم‌چنین حمل و نقل کالاهای خطرناک از جمله مهم‌ترین بخش‌های یک سیستم حمل و نقل است. به علت ریسک بالای ناشی از حمل این‌گونه کالاها، اغلب مدیران ریسک در یک سیستم حمل و نقل توجه زیادی را به این‌گونه از ریسک‌ها دارند. رایفنگ ریسک ناشی از هر تصادف را به‌طور کلی به‌صورت زیر تعریف می‌کند[۸]:

$$R(\text{واحد زمان/آسیب})=p(\text{واحد زمان/احتمال تصادف}).c(\text{تصادف/آسیب}) \qquad (۲۱)$$

ریسک هر آسیب ناشی از تصادف در هر واحد زمان برابر است با احتمال وقوع تصادف در ضرر ناشی از وقوع تصادف. وی خطرات ناشی از وقوع تصادف در حمل و نقل کالاهای پر خطری چون مواد شیمیایی را به سه دسته تقسیم بندی می‌کند:

الف) خطر ناشی از پخش مواد پر خطر در فضا

وقوع چنین وقایعی می‌تواند بر سلامت انسان، خاک موجود در محیط، فعالیت‌های کشاورزی و غیره مؤثر باشد. به‌همین علت شناسایی و کاهش ریسک ناشی از پخش مواد خطرناک در محیط از جمله اهداف مهم مدیریت ریسک در یک زنجیره تأمین می‌باشد.

ب) خطر ناشی از پخش مواد پر خطر در آب

مهم‌ترین نتیجه وقوع چنین حادثه‌ای، اختلال در زندگی آبزیان می‌باشد.

ج) خطر ناشی از پخش مواد پر خطر در خاک

این عامل می‌تواند موجب افزایش دوره بازگشت خاک، ایجاد خطر برای محصولات کشاورزی و جنگل و غیره شود.

در این مرحله به ارزیابی ریسک ناشی از این خطرات پرداخته می‌شود. رایفنگ برای تعریف ریسک ناشی از سه دسته خطر ذکر شده در بالا سه متغیر C_a، C_w و C_s را تعریف کرد که عبارتند از:

$$C_a=\sum_i F_a^i \qquad (۲۲)$$

ریسک ناشی از پخش مواد پر خطر در فضا که در آن F_a^i عبارت است از درجه خطر مربوط به هر پیامد ناشی از پخش این مواد در فضا.

$$C_w=\sum_i F_w^i \quad (۲۳)$$

ریسک ناشی از پخش مواد پر خطر در آب که در آن F_w^i عبارت است از درجه خطر مربوط به هر پیامد ناشی از پخش این مواد در آب.

$$C_s=\sum_i F_s^i \quad (۲۴)$$

ریسک ناشی از پخش مواد پر خطر در فضا که در آن F_s^i عبارت است از درجه خطر مربوط به هر پیامد ناشی از پخش این مواد در خاک. فرض می‌شود که M نوع ماده خطرناک در یک حمل و نقل وجود دارد، در نتیجه کل آسیب به محیط طی این فرایند حمل و نقل از رابطه (۲۵) به‌دست می‌آید:

$$C=\sum_M C_a^j+\sum_M C_w^j+\sum_M C_s^j \quad (۲۵)$$

توجه شود که در روابط فوق i نشان دهنده پیامدهای ناشی از وقوع هر واقعه و j نشان دهنده تعداد انواع مواد خطرناک در هر حمل و نقل است.

P را به‌عنوان احتمال وقوع تصادف تعریف می‌کنیم. بنابراین ریسک ناشی از هر فرایند حمل و نقل برابر است با:

$$R=P\times C \quad (۲۶)$$

در یک زنجیره تأمین با تعدادی کارخانه، تعدادی انبار و تعدادی مشتری، فرض می‌شود که e حمل و نقل داشته باشیم. بنابراین برای هر حمل و نقل می‌توان با استفاده از رابطه (۲۶) ریسک مربوط به آن را محاسبه کرد. در این حالت فرض می‌کنیم حد آستانه‌ای برای ریسک حمل و نقل از قبل تعریف می‌شود، بنابراین باید بیشترین مقدار ریسک در بین کلیه حمل و نقل‌ها در یک دوره زمانی مورد بررسی، از آستانه از پیش تعیین شده کمتر باشد. به عبارتی محدودیت زیر را بایستی به مدل ارائه شده در این مسئله اضافه کرد:

$$R_{max}\le R_j \quad (۲۷)$$

R_i همان حد آستانه تعریف شده است.

۲-۳- ارزیابی ریسک تقاضای تصادفی با در نظر گرفتن فاکتورهای ریسک

از جمله مهم‌ترین ریسک‌های موجود در هر زنجیره تأمین و بازار هر کالا، عدم اطمینان از تقاضای محصول و در نتیجه وجود تقاضای تصادفی می‌باشد. واگنر و همکاران تقاضا در یک زنجیره تأمین را به‌صورت تصادفی در نظر گرفته و به کمی‌سازی ریسک تقاضا با استفاده از فاکتورهای ریسک مؤثر بر آن پرداخته‌اند[۹].

روند این مرجع به‌صورت زیر می‌باشد:

فرض می‌شود D_i متغیر تصادفی تقاضا در گره i باشد. این متغیر تصادفی به‌صورت زیر تعریف می‌شود که در آن D_i' میانگین D_i و Δ_i یک جزء تصادفی می‌باشد.

$$D_i= D_i' + \Delta_i \quad (۲۸)$$

اجزای تشکیل دهنده Δ_i به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

الف) ریسک سیستماتیک

این ریسک تعداد زیادی از گره‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به علت اثرهای گسترده فاکتورهای ریسک سیستماتیک در بازار، در ادبیات با نام ریسک بازار شناخته می‌شود. فاکتورهای ریسک سیستماتیک را می‌توان در مقاله واگنر و همکاران یافت[۹].

ب) ریسک غیر سیستماتیک

این ریسک تنها تقاضای یک گره را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

فرض می‌شود k فاکتور ریسک سیستماتیک برای هر گره تقاضا وجود دارد که هر یک از این فاکتورها را با S^k نمایش می‌دهیم. هم‌چنین V_i به‌عنوان فاکتور ریسک غیر سیستماتیک شناخته می‌شود. به‌منظور ساده‌سازی مدل، فرض می‌شود S^k و V_i در هر گره تقاضا، متغیرهای تصادفی با میانگین صفر و واریانس یک می‌باشند. هم‌چنین v_i یا s^k وزن متغیرهای S^k یا V_i را نشان می‌دهد. از آنجایی که بین فاکتورهای ریسک سیستماتیک امکان وجود ضریب همبستگی مثبت و یا منفی وجود دارد، برای فاکتور ریسک سیستماتیک S^k، s^kها مقادیر حقیقی را اختیار می‌کنند. هم‌چنین برای V_i، ضرایب v_i مقادیر حقیقی اختیار می‌کنند. بنابراین می‌توان توزیع D_i را با استفاده از ضرایب v_i و s^k توصیف کرد. این ضرایب را می‌توان با استفاده از داده‌های گذشته و یا داده‌های بازار تخمین زد. از آنجایی که V_i و S^k دارای توزیع نرمال می‌باشند، مقدار تقاضا در هر گره ممکن است مقادیر منفی

اختیار کند. برای جلوگیری از این اتفاق، مقدار D_i را به‌صورت زیر اصلاح می‌کنیم:

$$D_i = D_i' + max(-D_i', V_i v_i + \sum_{k=1}^{K} s_i^k S^k) \quad (۲۹)$$

در مدل ارائه شده در این مقاله فرض می‌کنیم که تنها تقاضای مشتریان است که تصادفی می‌باشد، در نتیجه مدل نهایی مسئله به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Z_p = min \sum_i \sum_j c_{ij} a_i x_{ij} + \sum_r \sum_j \sum_k C'_{jk} b_j^q \quad (۳۰)$$
$$y_{jk}^q + \sum_q \sum_j \epsilon_l \sum_{n=0}^{ki} f_n^{jq} \sum_{w(1)\dots w(r)} \epsilon_{\{0,1\}}$$
$$P^{jq}(R_1^{w(1)} R_2^{w(2)} \dots R_r^{w(r)}). p^{jq}(f_n^{jq} / R_1^{w(1)} R_2^{w(2)} \dots$$
$$R_r^{w(r)}). U_h^s + \sum_h \sum_s \epsilon_l \sum_{n=0}^{ks} G_n^{sh} \sum_{w(1)\dots w(r)} \epsilon_{\{0,1\}}$$
$$p^{sh}(R_1^{w(1)} R_2^{w(2)} \dots R_r^{w(r)}). p^{sq}(G_n^{sq} / R_1^{w(1)} R_2^{w(2)}$$
$$\dots R_r^{w(r)}) V_s^q$$

$$\sum_j x_{ij} = 1 \qquad \forall i \quad (۳۱)$$

$$\sum_i a_i x_{ij} \le \sum_q b_j^q U_j^q \qquad \forall j \quad (۳۲)$$

$$\sum_q U_j^q \le 1 \qquad \forall j \quad (۳۳)$$

$$\sum_i a_i x_{ij} \le \sum_q \sum_s b_j^q y_{js}^q \qquad \forall j \quad (۳۴)$$

$$\sum_j \sum_q b_j^q y_{js}^q \le \sum_h e_s^h v_s^h \qquad \forall s \quad (۳۵)$$

$$\sum_h v_s^h \le 1 \qquad \forall s \quad (۳۶)$$

$$R_{max} \le R_J \quad (۳۷)$$

$$a_i = a_i' + max(-a_i', V_i v_i + \sum_{k=1}^{K} s_i^k S^k) \qquad \forall i \quad (۳۸)$$

$$X_{ij} \ge 0 \qquad \forall i \text{ and } j \quad (۳۹)$$

$$U_j^q \in \{0,1\} \qquad \forall j, q \quad (۴۰)$$

$$y_{js}^q \ge 0 \qquad \forall s, j \text{ and } q \quad (۴۱)$$

$$v_s^h \in \{0,1\} \qquad \forall s \text{ and } h \quad (۴۲)$$

در مدل فوق، g همان تعداد فاکتورهای ریسک سیستماتیک می‌باشد.

۳- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر با گسترده شدن شبکه‌های توزیع و افزایش تعداد مشتریان در یک زنجیره تأمین، پیچیدگی اطلاعاتی و فیزیکی در این زنجیره‌ها افزایش یافته است. این پیچیدگی‌ها موجب افزایش ریسک و عدم قطعیت در شبکه زنجیره تأمین می‌شود. از این‌رو در این مقاله به شناسایی و کمی‌سازی پارامترهای تحت ریسک در یک مسئله مکان‌یابی زنجیره تأمین در شرایط وجود چند سطح ظرفیت پرداخته شد. از جمله ریسک‌های موجود در یک زنجیره تأمین می‌توان به ریسک هزینه راه‌اندازی انبارها و کارخانه‌های موجود در یک شبکه زنجیره تأمین، ریسک ناشی از حمل و نقل کالاهای خطرناک که می‌تواند بسته به نوع کالای حمل شده محیط اطراف خود را با خطر مواجه سازد و ریسک وابسته به عدم قطعیت در تقاضا اشاره کرد. در این مقاله به بهبود و اصلاح یک مدل شبکه توزیع در زنجیره تأمین با در نظر گرفتن چند سطح ظرفیت با استفاده از کمی‌سازی پارامترهای تحت ریسک و عوامل ریسک‌زا در زنجیره پرداخته می‌شود.

منابع

[1] Manuj, I., and Mentzer, J., "***Global supply chain risk management strategies***", International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol. 38, No. 3, pp. 192-223, 2008.

[2] Giannakis, M., and Louis, M., "***A multi-agent based framework for supply chain risk management***", Journal of Purchasing & Supply Management, No. 17, pp. 23-31, 2011.

[3] Brun, A., Caridi, M., FahmySalama, K., and Ravelli, I., "***Value and risk assessment of supplychain management improvement projects***", International journal of Production Economics, No. 99, pp. 186–201, 2006.

[4] Tah, J. H.M., and Car, V., "***Towards a Framework for Project Risk Knowledge Management in the Construction Supply Chain***", Advances in Engineering Software, No. 32, pp. 835-846, 2001.

[5] Amiri, A., "***Designing a distribution network in a supply chain system***", European Journal of Operational Research, No. 171, pp. 567–576, 2006.

[6] Abbasov, A. M., Aliev, I. M., and Kerimova, L. H., "***Optimal Location of Internet Data Centers Taking into Account the Risks***". Automatic Control and Computer Sciences, Vol. 43, No. 6, pp. 309–316, 2009.

[7] Bellman, P., Zade, L., "***Decisions's Taking in the Fuzzy Conditions***". Moscow, "Mir", 1976.

[8] Ruifang. M., "***Environmental Risk Assessment Model on Dangerous Goods During Transportation***", Logistics for Sustained Economic Development—Infrastructure, Information, Integration Proceedings of the 2010 International Conference of Logistics Engineering and Management, 2010.

[9] Wagner, M. R., Bhadury, J. and Penga, S., "***Risk management in uncapacitated facility location models with random demands***" Computers & Operations Research, No. 36, pp. 1002 – 1011, 2009.