دانشکده فنی و مهندسی-گروه مهندسی صنایع

بررسی مدلهای طراحی شبکه زنجیره تامین و برخی روشهای حل آن

سمینار مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع
گرایش صنایع – صنایع

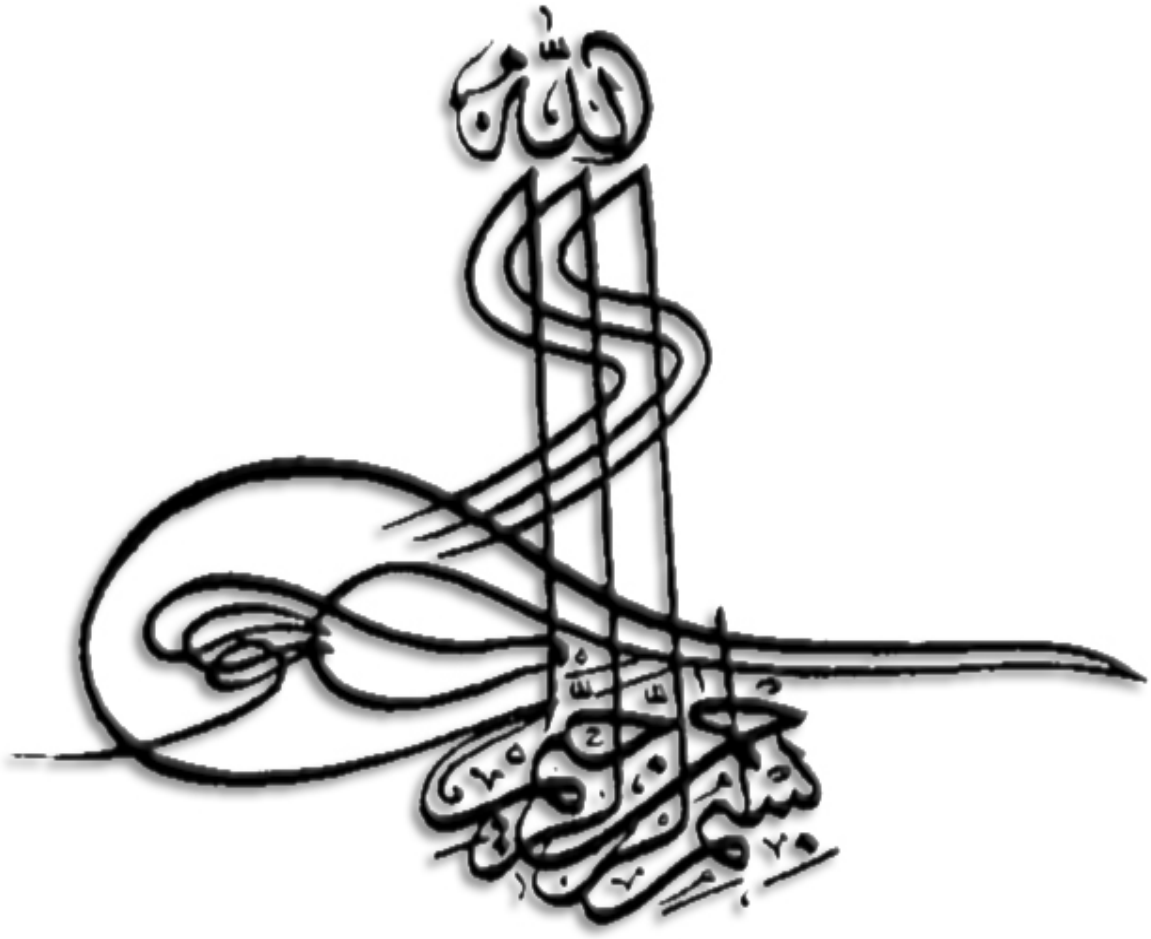
نگارش:

مجید رمضانی

استاد راهنما:

دکتر مهدی بشیری

زمستان 1388



سپاسگزاری

« مَن عَلَّمَنی حَرفاً فَقَد صَیَّرنی عَبداً »

از تمامی اساتید، خانواده‌ام و دوستان در کل دوران تحصیل سپاسگزارم.

چکیده

بررسی مدلهای طراحی شبکه زنجیره تامین و برخی روشهای حل آن

مدیریت زنجیره تامین فرآیند برنامه ریزی، تحقق و کنترل عملیات زنجیره تأمین در یک راه کاراست و موضوعی است که در سال های اخیر در ادبیات بسیار مورد توجه قرار گرفته است. شرکت ها به خوبی درک کرده اند که مدیریت زنجیره تامین یک عنصر مهم برای رقابت در بازار امروز است اما قبل از برنامه ریزی کارها در زنجیره تامین به یک پیکربندی شبکه زنجیره تامین مؤثر و کارا به عنوان زیر ساختی برای تحقق فعالیت ها نیاز است. انواع تصمیمات در مدیریت زنجیره تامین به سه گروه استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی تقسیم می‌شوند. سطح استراتژیک با تصمیماتی سر و کار دارد که اثرات دیر پای روی شرکت دارد و شامل تصمیماتی می شوند که به پیکربندی زنجیره تامین اشاره دارد. در حالت کلی پروژه طراحی شبکه با مشخص کردن جایگاه‌های بالقوه برای تسهیلات جدید و ظرفیت‌های مورد نیاز مواجه است و معمولاً مقدار زیادی سرمایه باید به تسهیل جدید تخصیص یابد. بدینسان ایجاد این سرمایه گذاری یک پروژه بلند مدت می باشد و تسهیلاتی که الان مستقر می شوند انتظار می روند که برای یک پریود زمانی طولانی عمل کنند. از اینرو پیکربندی کارای شبکه زنجیره تامین به موضوعی مهم و حساس برای شرکت ها تبدیل شده است.

این تحقیق به بررسی انواع مدل ها و روش های حل طراحی شبکه زنجیره تامین موجود در ادبیات پرداخته است که در آن ویژگی‌هایی که مدل های طراحی شبکه زنجیره تامین را از یکدیگر متمایز می‌کند و نیز تصمیماتی که علاوه بر مکان یابی- تخصیص جهت پیکربندی شبکه اتخاذ می شوند بیان شده است. در این تحقیق سعی شده است با معرفی انواع مدل ها و روش های حل ارائه شده توسط نویسندگان، مروری جامع بر ادبیات طراحی شبکه زنجیره تامین صورت گیرد.

واژه های کلیدی

مدیریت زنجیره تامین، مکان‌یابی تسهیلات، شبکه لجستیک، کاربرد .

فهرست مطالب

1- مقدمه 6
2- معرفی مدلهای پایه در طراحی شبکه زنجیره تامین 8
3- ساختار کلی و ویژگیهای اساسی شبکه های زنجیره تأمین 13
3-1- تسهیلات چند لایه ای 15
3-2- پارامتر های قطعی/نامعلوم 15
3-2-1- تصمیم گیری تحت عدم قطعیت با در نظر گرفتن سناریوهای تصادفی 16
3-2-1-1- برنامه ریزی تصادفی 18
3-2-1-2- بهینه سازی پایدار 20
3-2-2- تصمیم گیری تحت عدم قطعیت در محیط فازی 22
3-4- تک/چند دوره ای 25
3-4- چند محصولی 26
4- تصمیمات دیگر علاوه بر مکانیابی-تخصیص برای طراحی شبکه زنجیره تأمین 27
4-1- توسعه ظرفیت 27
4-2- موجودی 28
4-3- تهیه و تدارکات 30
4-4- مسیریابی 31
4-5- نوع حمل و نقل 35
4-6- جنبه های مالی 35
4-7- دوباره مکان یابی 35
4-8- قابلیت اطمینان 35
5- انواع شبکه های زنجیره تأمین 36
6- انواع توابع هدف در شبکه زنجیره تأمین 56
7- انواع متدولوژی های حل 60
8- زمینه های کاربردی شبکه زنجیره تامین 66
فهرست مراجع 67

1- مقدمه

مسئله مکان یابی تسهیلات[1] به عنوان حوزه تحقیقاتی مناسبی در حوزه تحقیق در عملیات قرار گرفته است طوریکه مقاله ها و کتب زیادی شاهدی براین مدعا است. حتی جامعه ریاضی آمریکا[2] کد های خاصی برای مسائل مکان یابی ایجاد کرده است، جامعه تحقیق در عملیاتی اروپا[3] نیز اخیراً انجمنی را به این موضوع اختصاص داده است. با این حال سوال دربارۀ کاربردی بودن مدل های مکان یابی همیشه مورد بحث بوده است. در مقابل، مفید بودن عملی لجستیک هرگز به عنوان یک موضوع مطرح نبوده است. یکی از موضوعات لجستیک که بسیار مورد توجه قرار گرفته، مدیریت زنجیره تأمین[4] می باشد. در حقیقت توسعه مدیریت زنجیره تأمین مستقل از تحقیق در عملیات شروع شد و گام به گام تحقیق در عملیات، در مدیریت زنجیره تأمین وارد شد. به عنوان یک نتیجه، مدل های مکان یابی تسهیلات به تدریج در زمینه زنجیره تأمین پیشنهاد شد و به این ترتیب حوزه کاربردی مفید و مورد علاقه ای مطرح شد که اخیراً نیز ملو و همکارانش (2009) به مرور مدل‌های مکانیابی در زنجیره تأمین پرداخته اند. به این ترتیب، به طور طبیعی چندین سوال وجود دارد که بلا فاصله در خلال چنین توسعه ای به وجود می‌آید که عبارتند از :

1) چه خصوصیاتی را یک مدل مکان یابی تسهیلات باید برآورد کند تا در زنجیره تأمین مورد پذیرش قرار گیرد؟
2) آیا مدل های مکان یابی تسهیلات وجود دارند که قبلاً در زمینه زنجیره تأمین گنجانده شده باشند؟
3) آیا مدیریت زنجیره تأمین اصلاً به مدل های مکان یابی تسهیلات نیاز دارد؟

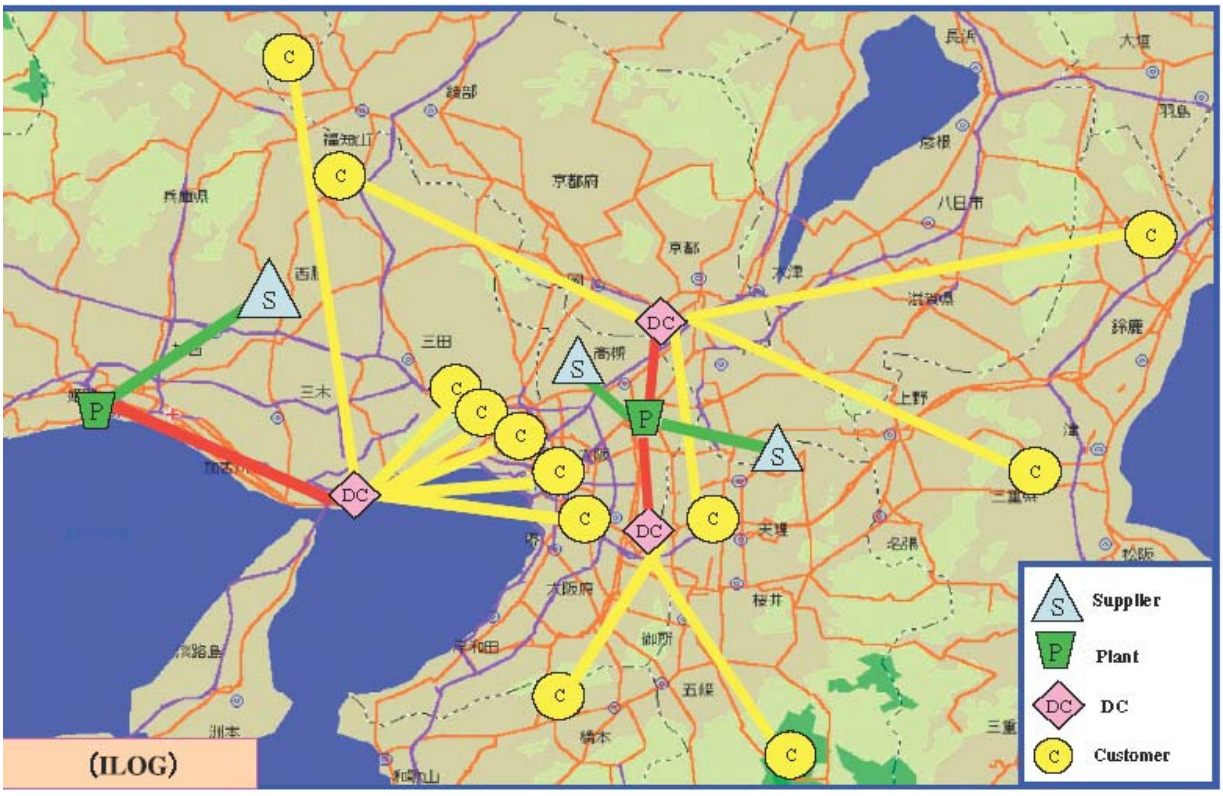
مسئله عمومی مکان یابی تسهیلات شامل مجموعه ای از مشتریان که به طور فضایی[5] توزیع شده و مجموعه‌ای از تسهیلات برای پاسخ‌دهی به تقاضای مشتریان می باشد. بعلاوه مسافت، زمان یا هزینه های بین مشتریان و تسهیلات با معیار متریک مفروض اندازه گیری می شوند. سوالات ممکن که باید پرسیده شوند عبارتند از:

- ✓ کدام تسهیلات باید استفاده (باز) شوند؟
- ✓ کدام مشتریان باید از کدام تسهیلات سرویس بگیرند تا کل هزینه مینیمم شود؟

[1] Facility location
[2] American Mathematical Society (AMS)
[3] European Operational Research Society (EURO)
[4] Supply chain management (SCM)
[5] spatially

مدیریت زنجیره تأمین فرآیند برنامه ریزی، تحقق و کنترل عملیات زنجیره تأمین در یک راه کاراست. حرکت مؤثر و کارای کالاها از جایگاه های مواد اولیه به تسهیلات انتقال، کارخانه های تولید اجزاء، کارخانه های مونتاژ کالاهای تمام شده، مراکز توزیع، فروشندگان و مشتریان در محیط رقابتی امروز بسیار حساس است. تقریباً 10٪ محصولات خانگی[1] به فعالیت های مرتبط با تامین اختصاص دارد. در صنایع منحصر به فردی درصد هزینه یک قلم تحویلی تمام شده به مشتری نهایی به راحتی می تواند از این مقدار تجاوز کند. مدیریت زنجیرهٔ تامین علاوه بر حرکت مواد، تصمیمات زیر را نیز شامل می شود:

1. کجا کارخانه ها، مراکز توزیع و مراکز جمع‌آوری کالاهای برگشتی را قرار دهیم؟
2. کجا تولید کنیم، چه چیزی تولید کنیم و چه مقدار در هر جایگاه تولید کنیم؟
3. چه مقدار از کالاها به عنوان موجودی در هر گام فرایند نگهداری کنیم؟
4. چگونه فرایند اطلاعات را در هر گام فرایند نگهداری کنیم؟



شکل(1): شکل عمومی شبکه‌های زنجیره تأمین

تصمیمات موجودی و حمل و نقل و اشتراک اطلاعات نسبتاً انعطاف پذیر هستند و می توانند در پاسخ به تغییرات استراتژیک شرکت تغییر کنند. بنابراین این تصمیمات می توانند در پاسخ به تغییر شرایط گفته

[1] Gross domestic product

شده در شبکهٔ زنجیره تامین دوباره بهینه سازی[1] شوند. شاید تصمیمات درباره مقادیر تولید و مکان یابی کمتر انعطاف پذیرتر باشد زیرا بسیاری از هزینه های تولید ممکن است در دورهٔ کوتاه ثابت باشد. هزینه های کارگری (برای مثال) اغلب به وسیله قراردادهای نسبتاً بلند مدت بسته می شود. هم چنین ظرفیت های کارخانه اغلب باید در کوتاه مدت ثابت در نظر گرفته شوند. با این حال مقادیر تولید می تواند در میان مدت در پاسخ به تغییرات هزینه های مواد و تقاضاهای بازار تغییر کند. به عبارتی دیگر اغلب تصمیمات مکان یابی تسهیلات ثابت اند و برای تغییر حتی در میان مدت مشکل اند. از اینرو تصمیمات مکان‌یابی بسیار حساس‌تر و مشکل‌تر از تصمیماتی است که نیاز به درک یک زنجیره تامین کارا و مؤثر را دارند. شکل 1 نمونه‌ای از یک شبکه عمومی زنجیره تأمین را نشان می‌دهد.

2- معرفی مدل‌های پایه در طراحی شبکه زنجیره تامین

در طراحی شبکه زنجیره تأمین مدل‌های مکان‌یابی تسهیلات با هزینه ثابت و مکان‌یابی-تخصیص را می‌توان به عنوان مدلهای پایه‌ای در نظر گرفت به طوریکه در همه مدل‌های زنجیره تأمین می توان این مدل‌ها را مشاهده کرد. در مسئله مکان‌یابی تسهیلات گسسته[2]، انتخاب جایگاه‌هایی که تسهیلات جدید باید در آنجا قرار گیرند محدود به تعدادی از مکان های کاندیدا موجود می‌باشد. ساده ترین شکل چنین مسئله ای انتخاب p تسهیل برای مینیمم کردن کل مسافت یا هزینه ها جهت تأمین تقاضای مشتریان می باشد. این مسئله که در ادبیات بسیار مورد توجه قرار می گیرد، با نام p- میانه[3] شناخته شده است. این وضع فرض می کند که همه مکان های کاندیدا از لحاظ هزینه های راه اندازی برای قرارگیری تسهیلات جدید یکسان می-باشد. هنگامی که این فرض برقرار نباشد، تابع هدف می تواند با عبارت هزینه های ثابت تسهیلات جدید بسط داده شود و به عنوان نتیجه تعداد تسهیلاتی که باید مستقر شوند به نوعی یک تصمیم درونی می شود. این مسئله در ادبیات با نام مسئله مکان یابی تسهیلات بدون ظرفیت[4] شناخته شده است. در هر دو مسئله p- میانه و مکان یابی تسهیلات بدون ظرفیت هر مشتری به یک تسهیل تاسیس شده برای مینیمم شدن هزینه مربوط به آن اختصاص می یابد. یکی از مهم ترین تعمیم های مسئله مکان یابی تسهیلات بدون ظرفیت، مسئله مکان یابی تسهیلات ظرفیت دار[5] می باشد که مقادیری مشخصی برای ماکزیمم تقاضا که از هر جایگاه بالقوه می تواند تأمین شود، در نظرگرفته می شود. در این مورد خاصیت نزدیک ترین تخصیص همواره برقرار نیست. در زیر مدل‌هایی که به عنوان مدل های پایه ای برای طراحی شبکه زنجیره تأمین با جزئیات توضیح داده شده است.

[1] reoptimize
[2] Discrete facility location problem
[3] P-median
[4] Uncapacitated facility location problem
[5] Capacitated facility location problem

مسئله مکان‌یابی تسهیلات با هزینه ثابت به سادگی می‌تواند به صورت مجموعه‌ای از مشتریان با تقاضای معلوم و مجموعه‌ای از مکان‌های تسهیل کاندیدا تعریف شود. اگر ما تصمیم به قرار دادن تسهیل در یک مکان کاندیدا بگیریم، ما هزینه ثابت مکان‌یابی تسهیل را متحمل خواهیم شد. هم چنین هزینه های واحد انتقال میان مکان‌های کاندید و جایگاه های مشتریان وجود دارد. هدف مسئله پیدا کردن مکان تسهیلات و الگوی انتقال میان تسهیلات و مشتریان برای مینیمم کردن مجموع هزینه های ثابت استقرار تسهیلات جدید و هزینه انتقال محصولات میان تسهیلات و مشتریان است به طوریکه تقاضای همه مشتریان برآورده شود. ما از نمادهای زیر برای نمایش مدل استفاده می‌کنیم:

مجموعه ها و ورودی ها:

I	مجموعه مکان های مشتریان
J	مجموعه مکان های کاندید تسهیلات
h_i	تقاضا در مکان مشتری
f_j	هزینه ثابت قرارگیری تسهیل در جایگاه کاندیدا j
c_{ij}	هزینه هر واحد انتقال بین جایگاه کاندید j و مشتری i ام

متغیرهای تصمیم:

Y_{ij}	1، اگر کسری از تقاضا در مکان مشتری i به وسیله تسهیل کاندید j سرویس گیرد 0، در غیر اینصورت
X_j	1، اگر تسهیل در جایگاه j قرار گیرد، 0، در غیر اینصورت

با این تعریف مسئله مکان‌یابی تسهیلات با هزینه ثابت ارائه شده توسط بالینسکی[1] (1965) می تواند این گونه فرموله شود:

$$\text{minimize} \quad \sum_{j\in J} f_j X_j + \sum_{j\in J}\sum_{i\in I} h_i c_{ij} Y_{ij} \qquad (1)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j\in J} Y_{ij} = 1 \qquad \forall i \in I \qquad (2)$$

$$Y_{ij} - X_j \le 0 \qquad \forall i \in I; \forall j \in J \qquad (3)$$

$$X_j \in \{0,1\} \qquad \forall j \in J \qquad (4)$$

[1] Balinski

$$Y_{ij} \geq 0 \qquad \forall i \in I; \forall j \in J \tag{5}$$

مسئله بالا ظرفیت را نامحدود فرض می کند و به مسئله مکان یابی تسهیلات بدون ظرفیت شناخته شده است. برای این مسئله حداقل یک جواب بهینه وجود دارد که همه تقاضاها را در مکان مشتری i به طور کامل به نزدیکترین جایگاه کاندیدای بازشده تخصیص می دهد. به عبارت دیگر متغیرهای تخصیص Y_{ij} مقادیر صحیح در این مسئله می‌گیرند (خاصیت تک منبع‌یابی[1]). بسیاری از شرکت ها قویاً چنین جواب تک منبعی را ترجیح می‌دهند زیرا این جواب ها مدیریت زنجیره عرضه را به طور قابل ملاحظه ای آسان تر می نمایند. این در حالی است که مواردی که ظرفیت را در نظر می گیرند چنین خاصیتی را نشان نمی دهند و ایجاد این خاصیت در این حالت به طور معناداری مشکل است.

تصمیم طبیعی هر مسئله در نظر گرفتن تسهیلات ظرفیت دار می باشد. اگر ما b_j را ماکزیمم تقاضا که می‌تواند به تسهیل کاندید jام تخصیص داده شود در نظر بگیریم، مدل بالا می تواند با وارد کردن تسهیل jام با محدودیت زیر وارد شود:

$$\sum_{i \in I} h_i Y_{ij} - b_j X_j \leq 0 \quad \forall j \in J \tag{6}$$

از نگاه برنامه ریزی عدد صحیح، این محدودیت، محدویت 3 را مرتفع می کند یعنی هر جوابی که نامعادله 5و6 را برقرار می کند، نامعادله 3 را نیز برقرار می کند. بنابراین آزادسازی برنامه ریزی خطی معادلات 6-1 اگر محدودیت 3 در مسئله لحاظ شود، تنگ‌تر می‌شود.

اگر به جای $h_i Y_{ij}$ عبارت Z_{ij}(مقداری که از مرکز توزیع j به مشتری i فرستاده می شود) را قرار دهیم مسئله مکان یابی تسهیلات بدین گونه است:

$$\text{Minimize} \quad \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} c_{ij} Z_{ij} \tag{7}$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j \in J} Z_{ij} = h_i \qquad \forall i \in I \tag{8}$$

$$\sum_{i \in I} Z_{ij} \leq b_j \hat{X}_j \quad \forall j \in J \tag{9}$$

$$Z_{ij} \geq 0 \qquad \forall i \in I; \forall j \in J \tag{10}$$

حل مسئله ایجاد شده با معادلات 10-7 ممکن است تخصیص‌های کسری مشتریان به تسهیلات را به وجود آورد. به عبارت دیگر با اضافه کردن محدودیت 6 به طور خودکار شرط تک منبعی بودن برقرار نمی‌شود.

[1] Single sourcing

برای برقراری خاصیت تک منبع‌یابی ما می توانیم تعریف کسری متغیر تخصیص را با یک متغیر باینری جایگزین کنیم:

Y_{ij} 1، اگر تقاضا مشتری i به وسیله تسهیل کاندید j پاسخ داده شود
0، در غیر اینصورت

این مسئله به طور قابل ملاحظه ای برای حل کردن مشکل تر است زیرا تعداد متغیرهای تصمیم بیشتر شده است. دسکین و جان[1](1993) در بسیاری از زمینه های علمی مشاهده کردند که تعداد مشتریان به طور معناداری بزرگتر از تعداد مراکز توزیعی است که بایستی مستقر شوند. در چنین حالتی هر مشتری یک کسر کوچک از کـل ظرفیت مراکز توزیـع که به آن تخصیص می‌یابند را نشان می‌دهد. همچنین اگر خاصیت تک منبع‌یابی آزاد شود، تعداد مشتریان چند منبعی کوچکتر یا مساوی با تعداد مراکز توزیع منهای یک است. بنابراین مشتریان نسبتاً کمی (در اکثر زمینه ها) چند منبعی خواهند بود.

در یک مقاله کلاسیک، گفرین[2] و گریوز[3] (1974) مسئله مکان‌یابی تسهیلات با هزینه ثابت به علاوه وارد کردن انتقالات از کارخانه ها به مراکز توزیع و چند محصولی بودن را توسعه دادند. آنها تعاریف زیر را معرفی کردند:

مجموعه ها و ورودی ها:

K مجموعه مکان های کارخانه ها
L مجموعه محصولات
D_{li} تقاضا برای محصول l در مکان مشتری i
S_{lk} عرضه محصول l در کارخانه k
$\underline{V_j}$، $\overline{V_j}$ مینمم و ماکزیمم محصول سالانه مجاز در مرکز توزیع j
v_j هزینه واحد متغیر محصول در مکان کاندید j
c_{lkji} هزینه واحد تولید و انتقال محصول l بین کارخانه k و مکان کاندید j و مکان مشتری iام

متغیرهای تصمیم:

Y_{ij} 1، اگر تقاضا در جایگاه مشتری iام توسط تسهیل کاندید j پاسخ داده شود
0، در غیر اینصورت

[1] Daskin and Jones
[2] Geoffrion
[3] Graves

Z_{lkji} مقدار محصول l که بین کارخانه k، مکان کاندید j و مشتری iام انتقال می یابد

با این تعریف مدل بدین گونه فرموله می شود:

$$\text{Min} \quad \sum_{j\in J} f_j X_j + \sum_{j\in J} v_j \left(\sum_{l\in L}\sum_{i\in I} D_{li} Y_{ij} \right) + \sum_{l\in L}\sum_{k\in K}\sum_{j\in J}\sum_{i\in I} c_{lkji} Z_{lkji} \qquad (11)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} Z_{lkji} \le S_{lk} \qquad \forall k \in K; \forall l \in L \qquad (12)$$

$$\sum_{k\in K} Z_{lkji} = D_{li} Y_{ij} \qquad \forall l \in L; \forall j \in J; \forall i \in I \qquad (13)$$

$$\sum_{j\in J} Y_{ij} = 1 \qquad \forall i \in I \qquad (14)$$

$$\underline{V}_j X_j \le \sum_{i\in I}\sum_{l\in L} D_{li} Y_{ij} \le \overline{V}_j X_j \qquad \forall j \in J \qquad (15)$$

$$X_j \in \{0,1\} \qquad \forall j \in J \qquad (16)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I; \forall j \in J \qquad (17)$$

$$Z_{lkji} \ge 0 \qquad \forall i \in I; \forall j \in J; \quad \forall k \in K; \forall l \in L \qquad (18)$$

محدودیت 12 بیان می کند که کل محصول l که از کارخانه k منتقل می شود نمی تواند از ظرفیت کارخانه برای تولید آن محصول بیشتر شود.

محدودیت 13 بیان می کند که مقدار محصول l که به مشتری iام با مرکز توزیع jام منتقل می شود باید با مقداری از آن محصول که در همه کارخانه‌ها تولید می‌شود که برای آن مشتری و با آن مرکز توزیع قبلاً انتخاب شده است. این محدودیت تصریح می‌کند که تقاضا برای هر محصول و هر گروه مشتری باید برآورده شود و همچنین این محدودیت به عنوان یک محدودیت ارتباطی[1] بین متغیرهای جریان Z_{lkji} و متغیرهای تخصیص Y_{ij} عمل می کند. محدودیت 14 بیانگر خاصیت تک منبع‌یابی می باشد. محدودیت 15 کرانهای بالا و پایین محصولات در هر مرکز توزیع را تحمیل می کند. این محدودیت همچنین به یک محدودیت ارتباطی بین X_j و Y_{ij} به کار گرفته می شود. به طور جایگزینی این محدودیت می تواند به عنوان تصمیمی از ظرفیت محدودیت 6 در نظر گرفته شود.

علاوه بر محدودیت های گفته شده گفرین و گریوز محدودیت های دیگری نیز بیان کردند که عبارتند از:

- ✓ مینمم و ماکزیمم مراکز توزیعی که می توانند باز شوند
- ✓ روابط بین مراکز توزیع بازشده ممکن

[1] Linking constraint

- ✓ محدودیت های ظرفیت جزئی شدهٔ بیشتر اگر محصولات مختلف از مقادیر مختلفی از منابع مراکز توزیع استفاده کننده
- ✓ محدودیت های سرویس مشتری معین[1]

3- ساختار کلی و ویژگی‌های اساسی شبکه‌های زنجیره تأمین

ساختار عمومی شبکه زنجیره تأمین شامل مجموعه ای از تأمین کننده‌گان، کارخانه های تولیدی، مراکز توزیع، مشتریان و مراکز جمع آوری محصولات برگردانده شده است. در این ساختار مواد اولیه توسط تأمین کنندگان برای کارخانه‌های تولیدی فراهم و محصولات پس از تولید به وسیله کارخانه ها به مراکز توزیع فرستاده و ذخیره می شوند. این محصولات با توجه به نیاز مشتریان از انبار ها به جایگاه های مشتریان فرستاده می‌شود. محصولات برگشت داده شده توسط مشتری به مراکز جمع آوری و از آنجا به کارخانه هایی جهت بهبود فرستاده می شود. علاوه بر انواع مختلف تسهیلات، جریان ممکن مواد در شکل نشان داده شده است. در مقایسه با مسائل مکان یابی کلاسیک جریان های بین تسهیلات لایه های یکسان در بعضی از زنجیره های تامین وجود دارد. این جریان ها معمولاً برای بالانس مواد یا تقویت موجودی لازم است. نتیجه ای که می تواند از ادبیات اختصاص داده شده به مسئله مکان یابی تسهیلات بدون ظرفیت و توسعهٔ آن نشان داده شود این است که این زمینه تحقیق طوری نتیجه شده است بدون اینکه واقعاً زمینه مدیریت زنجیره تامین در آن مطرح شود. خصیصه هایی مانند چند لایگی تسهیلات و ظرفیت که به طریق نسبتاً عمومی در مدل ها مطرح می شود (که تعیین کننده برای مدیریت زنجیره تامین است) نادیده گرفته می شوند. در حقیقت به نظر می رسد توسعه مدل ها بیشتر به وسیله روش های حل صورت می گیرد. برای مثال در مدل های چند لایه، جریان های داخل لایه اغلب در نظر گرفته نمی شوند زیرا این خاصیت ساختار ماتریس محدودیت را خراب می کند که بدین سان به روش های تجزیه اجازه نمی دهد که استفاده شود.

در مدیریت زنجیره تامین معمولاً سه سطح برنامه ریزی بسته به افق زمانی تشخیص داده می شود: استراتژایک[2]، تاکتیکی[3] و عملیاتی[4]. سیمیچ لوی[5] و همکارانش (2004) بیان کردند که سطح استراتژیک با تصمیماتی سر و کار دارد که اثرات دیر پای روی شرکت دارد. اینها شامل تصمیماتی می شوند که تعداد، مکان و ظرفیت انبارها و کارخانه‌های تولید، یا جریان مواد در شبکه لجستیک را در نظر می گیرد. این جمله یک ارتباط واضح بین مدل های مکان‌یابی و مدیریت زنجیره عرضهٔ استراتژیک ایجاد می کند (گیانی[6] و

[1] Certain customer service
[2] Strategic
[3] Tactical
[4] Operational
[5] Simchi-Levi
[6] Giani

همکارانش 2004، سانتسو[1] و همکارانش 2005 و شاپیرو[2] 2006). در حالت کلی یک پروژه طراحی شبکه با مشخص کردن جایگاه‌های بالقوه برای تسهیلات جدید و ظرفیت‌های مورد نیاز شروع می شود. معمولاً مقدار زیادی سرمایه باید به تسهیل جدید تخصیص یابد بدینسان ایجاد این سرمایه گذاری یک پروژه بلند مدت می باشد. بنابراین تسهیلاتی که الان مستقر می شوند انتظار می روند که برای یک پریود زمانی مبسوط عمل کنند. بعلاوه تغییر طبیعت گوناگون در خلال طول عمر یک تسهیل ممکن است یک مکان خوب در حال را به مکان بد در آینده تبدیل کند.

عبارت های طراحی شبکه و طراحی شبکه زنجیره تامین[3] گاهی اوقات هم معنی برنامه ریزی زنجیره تامین استراتژیک به کار گرفته می شوند (آلتیپارماک[4] و همکارانش 2006، چوپرا[5] و همکارش 2007). اگر چه معمولاً تصمیمات مکان‌یابی در سطح تاکتیکی یا حتی سطح عملیاتی گرفته نمی شود، تعدادی موضوعات مانند سیاست های کنترل موجودی، انتخاب ظرفیت و سبک های حمل و نقل، مدیریت و چیدمان انبار و مسیریابی وسایل قویاً با این تصمیمات مرتبط هستند.

جهانی سازی فعالیت های اقتصادی همراه با توسعه های سریع در تکنولوژی اطلاعات منجر به چرخه عمر کوتاهتر محصول، اندازه کوچکتر تولید و رفتار خیلی پویا از لحاظ علاقه در مشتری می شود. این جنبه‌ها برای رشد عدم قطعیت سهیم شده اند و به عنوان نتیجه یک زنجیره تامین خوب طراحی شده و پایدار با اهمیت تر شده است. نتیجتاً مدل‌های مکان یابی پیچیده ممکن است برای تعیین بهترین پیکربندی زنجیره تامین لازم باشد. چهار خصوصیت اساسی که در یک مدل مکان‌یابی تسهیلات در برنامه ریزی زنجیره عرضه در نظر گرفته می‌شوند عبارتند از:

- ✓ تسهیلات چند لایه ای[6]
- ✓ پارامتر های قطعی/نامعلوم[7]
- ✓ تک/چند دوره ای[8]
- ✓ چند محصولی[9]

[1] Santoso
[2] Shapiro
[3] Supply Chain Network Design (SCND)
[4] Altiparmak
[5] Chopra
[6] Multi-layer facilities
[7] Deterministic/Uncertain parameter
[8] Single/Multiple period(s)
[9] Multiple commodities

3-1- تسهیلات چند لایه ای

این حقیقت که چند لایه تسهیلات در نظر گرفته می‌شوند به این معنی نیست که تصمیمات مکان‌یابی در همه لایه ها اجازه داده می‌شود بلکه به لایه هایی که مکان یابی در آن در نظر گرفته نمی شوند نیز اشاره دارد. بنابراین جدول 1 هم تعداد لایه های شبکه زنجیره تأمین و هم تعداد لایه هایی که تصمیمات مکان-یابی در آن لحاظ می‌شود را مشخص می‌کند. این باید توجه شود هنگامی که تصمیمات مکان یابی تمام لایه های تسهیلات را شامل نمی‌شود، معمولاً با لایه های میانی[1] مربوط می شوند که طبیعتاً با مراکز توزیع یا انبارها در ارتباط است. خصوصیت مهمی که در تسهیلات چند لایه‌ای شبکه زنجیره عرضه مطرح است، وجود جریان های درون لایه‌ها[2] می‌باشد. آقزاف[3] (2005)، کارسون[4] و همکارش (2005)، کردیو[5] و همکارانش (2006)، ملو[6] و همکارش (2006)، ترانکسو[7] و همکارش (2005)، ویلا[8] و همکارانش (2006)، ودا[9] و همکارانش (2002) صریحاً این خصیصه را در مدل خود وارد کرده اند.

3-2- پارامتر های قطعی/نامعلوم

ویژگی مهم دیگر وجود پارامترهای نامعین در مدل‌های طراحی شبکه زنجیره تأمین می باشد (سنیدر[10]،2006) که تحت عنوان عدم قطعیت[11] در ادبیات شناخته شده است. عدم قطعیت خود به می تواند به دو گروه به صورت زیر عنوان شود:

- ✓ سناریوهای تصادفی مربوط به پارامترها
- ✓ پارامترهای فازی در مدل

اگر پارامترها از یک سری داده های تاریخی[12] تخمین زده شود در گروه اول و اگر پارامترها توسط کارشناسان[13] تخمین زده شود، می تواند در گروه دوم قرار گیرند. اون[14] و دسکین[15] (1998) یک مرور تحقیقاتی دربارهٔ مکان یابی تسهیلات (از طریق در نظر گرفتن زمان و عدم قطعیت) فراهم کردند که منجر

[1] Intermediate layers
[2] Intra-layer flows
[3] Aghezzaf
[4] Carlsson
[5] Cordeau
[6] Melo
[7] Troncoso
[8] Vila
[9] Wouda
[10] Snyder
[11] uncertainty
[12] Historical data
[13] Expert
[14] Owen
[15] Daskin

جدول(1): تحقیقات انجام شده در زمینه طراحی شبکه زنجیره تأمین

ردیف	محقق	ظرفیت	موجودی	تدارکات	تولید	مسیریابی	نوع حمل	محصول		پریود		پارامترها	
								تک	چند	تک	چند	معین	نامعین
1	آقزاف (2005)	√	√					√			√		√
2	آکسن و آلتنکمر (2008)					√		√		√		√	
3	امیری (2006)	√							√	√		√	
4	آویتادر و همکاران (2005)		√					√		√		√	
5	کارلسون و رانکوست (2005)						√	√		√		√	
6	چاکراوارتی (2005)				√				√	√		√	
7	چان و همکارانش (2001)					√		√		√			√
8	کردیو و همکارانش (2006)			√	√		√		√	√		√	
9	دسکین و همکارانش (2002)		√					√		√			√
10	اسکیگن و همکارانش (2005)						√	√		√		√	
11	فلچمن و همکارانش (2006)	√			√				√		√	√	
12	گیلن و همکارانش (2005)	√	√		√				√	√			√
13	هنجوسا و همکارانش (2008)		√	√					√		√	√	
14	هوگو و پستکوپولس (2005)	√			√				√		√	√	
15	جانگ و همکارانش (2002)		√	√	√				√	√		√	
16	جایارمان و پیرکول (2001)				√				√	√		√	
17	لون و سگرستد (2004)	√	√					√		√		√	
18	لوو و همکارانش (2002)	√			√			√		√			√
19	ما و دیوید راجو (2005)		√			√		√		√		√	
20	ملو و همکارانش (2006)	√	√	√	√				√		√	√	
21	میراندا و گاریدو (2004 و 2008)		√					√		√			√
22	صبری و بیمون (2000)					√			√	√			√
23	شن و کا (2007)		√					√		√			√
24	شن و همکارانش (2003)		√					√		√			√
25	ون امران و همکارانش (2006)	√	√					√		√			√
26	ورتر و دسکی (2002)				√				√	√		√	
27	ویلا و همکارانش (2006)	√	√		√				√		√	√	
28	وانگ و همکارانش (2007)		√					√		√		√	
29	ولهلم و همکارانش (2005)		√	√	√		√		√	√		√	
30	ودا و همکارانش (2002)				√				√	√		√	
31	وو و همکارانش (2002)					√		√		√		√	
32	یان و همکارانش (2003)			√	√				√	√		√	

به مدل های واقعی بیشتری می شود. نتیجه مهم که می تواند از جدول 1 گرفته شود تعداد زیاد مدل‌های قطعی در مقایسه با مدل‌های تصادفی می‌باشد. همانطور که توسط صبری[1] و بیمن[1] نشان داده شد عدم

[1] Sabri

قطعیت یکی از چالش انگیزترین مسائل ولی مهم در مدیریت زنجیره عرضه می باشد. از اینرو هنوز ادبیاتی که عدم قطعیت را با تصمیمات مکان یابی در مدیریت زنجیره عرضه یکپارچه کند، اندک است. منابع مختلفی از عدم قطعیت می‌تواند در ادبیات دیده شود که عبارتند از تقاضای مشتریان، نرخ های مبادله، زمان های سفر، مقادیر بازگشت در لجستیک معکوس، زمان پیش افت عرضه[۲]، هزینه های حمل و هزینه های نگهداری.

3-2-1- تصمیم گیری تحت عدم قطعیت با در نظر گرفتن سناریوهای تصادفی

شبکه زنجیره تامین فرض می شود برای مدت زمان قابل ملاحظه ای که بسیاری از پارامتر ها می توانند تغییر کنند، در استفاده باشد. از اینرو اکثر رویکردها جهت تصمیم‌گیری تحت عدم قطعیت هنگامی که پارامترهای مدل توسط سناریوهای تصادفی تعریف می‌شوند، در یکی از دو گروه زیر قرار می‌گیرد:

- ✓ برنامه ریزی تصادفی[۳]
- ✓ بهینه سازی پایدار[۴]

در تعریف سناریوها در هر دو رویکرد به این نکته باید توجه نمود که مجموع کل سناریوها از حاصلضرب تعداد حالاتی که هر پارامتر تحت عدم قطعیت می‌تواند بپذیرد، محاسبه می‌شود. هر دو رویکرد و لو نه ضرورتاً به طور بهینه جواب هایی را جستجو می‌کنند که تحت هر تحقق[۵] از داده ها به خوبی عمل می‌کنند. برای یک مرور جامع به دسکین و اون (1998) یا برمن[۶] و کراس[۷] (2002) مراجع کنید.

---

[1] Beamon
[2] Supply lead time
[3] Stochastic programming
[4] Robust optimization
[5] realization
[6] Berman
[7] Krass

3–2–1–1– برنامه ریزی تصادفی

در برنامه ریزی تصادفی پارامتر نامعین به وسیله سناریوهای گسسته[1] توصیف می شود (هر کدام با یک احتمال رخداد) و تابع هدف مینمم کردن هزینه های انتظاری می باشد. این رویکرد به عنوان برنامه ریزی تصادفی دو مرحله ای در ادبیات شناخته شده است. برای شرح این رویکرد مدل بهینه سازی زیر را در نظر بگیرید:

$$\min \quad Z = cx + E(f^w y^w) \qquad (19)$$

$$\text{S.t.} \quad Ax = b \qquad (20)$$

$$B^w x + D^w y^w = d^w \qquad (21)$$

$$x, y^w \geq 0, \quad w \in \Omega \qquad (22)$$

جاییکه x متغیر تصمیم سطح اول، y^w متغیر تصمیم مرحله دوم، c ضرایب هدف مرحله اول، f^w ضرایب هدف مرحله، A و b ضرایب محدودیت مرحله اول، B^w، D^w و a^w ضرایب مربوط به محدودیت مرحله دوم و Ω تمام نتایج ممکن سناریوها را مشخص می‌کند. D^w در ادبیات به عنوان ماتریس تکنولوژی ویا ماتریس منبع شناخته شده است. پارامتر های مرحله اول با قطعیت معلوم می باشند در حالیکه پارامترهای مرحله دوم تصادفی هستند که فرض می شوند هر سناریو w با احتمال p(w) رخ می‌دهد، جاییکه Ω مجموعه تمام سناریوهای ممکن را نشان می‌دهد. در ابتدا تصمیم مربوط به مرحله اول گرفته می‌شوند و تصمیمات مرحله دوم بعد از تحقق نتایج سناریوهای ممکن گرفته می‌شود. تابع هدف پیدا کردن یک جواب شدنی x است به طوریکه جمع هزینه های مرحله اول و هزینه انتظاری مرحله دوم را مینیمم کند. برای توزیع های گسسته پارامترهای تصادفی، برنامه خطی تصادفی می‌تواند به وسیله برنامه خطی معادل قطعی به صورت زیر نشان داده شود:

$$\min \quad Z = cx + p^1 fy^1 + p^2 fy^2 + \ldots + p^w fy^w \qquad (23)$$

$$\text{S.t.} \quad Ax = b \qquad (24)$$

$$B^w x + Dy^1 = d^1 \qquad (25)$$

$$\begin{matrix} B^w x & + Dy^2 & = d^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{matrix} \qquad (26)$$

[1] Discrete scenario

$$B^w x \quad + Dy^w = d^w \qquad (27)$$

$$x, y^1, y^2, ..., y^w \geq 0, \quad w \in \Omega \qquad (28)$$

برای مسائل عملی w بسیار بزرگ می باشد (یک عدد معمولی میتواند 10^{20} باشد) و در نتیجه مسئله معادل قطعی که باید مستقیماً حل شود بسیار بزرگ می‌باشد. برای دیدن طبیعت دو مرحله ای بودن فرایند تصمیم گیری مذکور، مدل زیر نیز اغلب استفاده می‌شود:

$$\min \quad cx + E \quad z^w(x) \qquad (29)$$

$$\text{S.t.} \quad Ax = b \qquad (30)$$

$$x \geq 0 \qquad (31)$$

به طوریکه

$$\min \quad z^w(x) = \min f^w y^w \qquad (32)$$

$$\text{S.t.} \quad B^w x + D^w y^w = d^w \qquad (33)$$

$$y^w \geq 0, \quad w \in \Omega \qquad (34)$$

شپارد[1] (1974) یکی از اولین نویسندگانی بود که برنامه ریزی تصادفی را در مکان یابی تسهیلات پیشنهاد کرد. او انتخاب مکان تسهیلات را با توجه به مینمم کردن هزینه انتظاری پیشنهاد کرد اگر چه مطالبی را در ادامه بحث نکرد. ویور[2] و کراچ[3] (1983) و میرچندانی[4]، اودجت[5] و وانگ[6] (1985) یک مسئله p-میانه با چندین سناریو ارائه کردند. مدل آنها می تواند در زمینه مسئله مکان‌یابی تسهیلات با هزینه ثابت به صورت زیر بیان شود.

S مجموعه ای از سناریوها می باشد. هر سناریو $s \in S$ یک احتمال رخ دادن دارد و یک تحقق از تقاضاهای (h_{is}) و هزینه های انتقال (c_{ijs}) را مشخص می کند. تصمیمات مکان‌یابی باید الان قبل از اینکه بدانیم کدام سناریو رخ خواهد داد، انجام شود. مشتریان ممکن است به تسهیلات بعد از اینکه سناریو شناخته شود

[1] Sheppard
[2] Weaver
[3] Church
[4] Mirchandani
[5] Oudjit
[6] Wong

تخصیص بیابند. بنابراین متغیر Y به وسیله نمایه سوم اندیس گذاری می شود. هدف مینمم کردن کل هزینه انتظاری است. مسئله مکان یابی با هزینه ثابت تصادفی به این صورت فرموله می شود:

$$\text{minimize} \quad \sum_{j\in J} f_j X_j + \sum_{s\in S}\sum_{j\in J}\sum_{i\in I} q_s h_{is} c_{ijs} Y_{ijs} \tag{35}$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j\in J} Y_{ijs} = 1 \qquad \forall i \in I; \forall s \in S \tag{36}$$

$$Y_{ijs} - X_j \le 0 \qquad \forall i \in I; \forall j \in J; \forall s \in S \tag{37}$$

$$X_j \in \{0,1\} \qquad \forall j \in J \tag{38}$$

$$Y_{ijs} \ge 0 \qquad \forall i \in I; \forall j \in J; \forall s \in S \tag{39}$$

عبارت دوم در تابع هدف هزینه انتظاری حمل و نقل را بیان می کند. کلید حل این مدل و مدل های p-میانه تصادفی تشخیص این است که با مسئله می‌توان مانند یک مسئله معین با $|I||S|$ مشتری به جای $|I|$ مشتری برخورد کرد.

3-2-1-2- بهینه سازی پایدار

در بهینه سازی پایدار، پارامترها ممکن است یا به وسیله سناریوهای گسسته یا به وسیله سناریو هایی در دامنه های پیوسته[1] توصیف شوند. هیچ اطلاعات احتمالی در دسترس نیست و هدف معمولاً مینمم کردن هزینه بدترین مورد یا پشیمانی[2] می باشد (پشیمانی یک جواب تحت یک سناریوی مفروض، تفاوت بین مقدار تابع هدف جواب تحت سناریو و مقدار تابع هدف بهینه برای سناریو می باشد). بهینه سازی پایدار شامل سه رویکرد به صورت زیر می‌باشد:

1. رویکرد مینیماکس[3]

این رویکرد شامل پیدا کردن جوابی است که بهترین مورد را در بین بدترین کل سناریوهای ممکن را داشته باشد. این مسئله با فرض مینیمم کردن تابع هدف می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$\min_x \max_s Z_s(x)$$

جاییکه $Z_s(x)$ تابع هدف سناریو s می باشد.

2. رویکرد پشیمانی مینیماکس[4]

[1] Interval scenario
[2] regret
[3] Min-max
[4] Min-max regret