اولین کنفرانس بهینه سازی در صنایع ایران
۲۶و۲۷ بهمن ۱۳۸۳

یک مدل پیوسته برای طراحی سیستم های تولید – توزیع به همراه یک روش پیشنهادی برای حل مدل فوق از طریق شبیه سازی

مسعود صیدی[۱]، محمود رضایی[۲]

چکیده

اکثریت قریب به اتفاق مدلهائی که از مسئله طراحی سیستم تولید- توزیع (PDSD)[۳] ارائه شده اند به مدلسازی این مسئله در فضای گسسته پرداخته و برای حل آن از برنامه ریزی عدد صحیح کمک گرفته اند. در این مقاله یکی از مدلهای پیوسته مسئله PDSD که در ادبیات موضوع عنوان شده توسعه داده می شود. اگرچه این مدل و راه حل آن در نوع خود بسیار ارزشمند می نمود اما بدلیل محدودیت هائی که بحث خواهد شد فقط در حد تئوری باقیمانده است. برای رفع موانع موجود درکاربرد عملی این مدل یک نرم افزار تهیه شده است که با رویکرد شبیه سازی مساله را حل می کند مدل پیوسته پیشنهادی اجازه می دهد که تعداد کارخانه هایی که جایابی می شوند در مسأله طراحی تسهیلات جزء پارامترهای مسأله باشد.

کلمات کلیدی : سیستم تولید- توزیع ،جایابی پیوسته، شبیه سازی کامپیوتری

۱. مقدمه

یک سیستم تولید- توزیع (Production- Distribution) شامل لایه هائی است که تأمین کنندگان، کارخانه‌های سازنده قطعات، مونتاژکننده هائی نهائی، توزیع کنندگان و مشتریان را در بر می گیرد.

شرکتی را در نظر بگیرید که یک یا چند محصول را تولید می کند. این شرکت برای ساخت محصولات خود یقیناً همه قطعات را خود تولید نمی کند بلکه برخی از قطعات را از لایه‌ای بنام تأمین کنندگان که می تواند یک یا چند تأمین‌کننده باشد خریداری می کند. برخی قطعات محصول نیز در کارخانه یا کارخانه های سازنده قطعات توسط خود شرکت تولید می شود.

---

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران(تهرانپارس- انتهای بزرگراه رسالت- خیابان شهید زارع- کوچه شهید ابراهیمی- پلاک ۱۰ – طبقه اول

۲) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

3)Production & Distribution System Design

اگرچه در بسیاری از شرکت ها ساخت و مونتاژ قطعات در یک محل صورت می گیرد اما در یک مدل عمومی تر مـی تـوان کارخانه های سازنده قطعات را در یک لایه و مونتاژکننده های نهائی را در لایه دیگری قـرار دارد. قطعـاتی کـه از تـأمین کننـدگان خریداری می شوند ممکن است به لایه کارخانه های سازنده قطعات و یا مونتاژکننده های نهائی فرستاده شوند.

محصولات هر شرکتی ممکن است از طریق لایه مونتاژکننده های قطعات و یا لایه جدیدی بنام توزیع کننـدگان بـه مشـتریان کـه آخرین لایه را تشکیل می دهند عرضه شود.

در حالت کلی، تعداد عناصری که در هر لایه قرار دارند می تواند یک یا بیش از یک عنصر باشد. عـلاوه بـر ایـن، لایـه مشـتریان در بسیاری از مسائل PDSD ممکن است طیف پیوسته ای داشته باشد.

اگرچه ممکن است لایه های بیشتری نیز به سیستم PD اضافه شود اما در نقطه مقابل آن، برخی لایه ها نیز می توانند در هم ادغام شوند.در مدلهائی که از مسئله PDSD ارائه شده اند مورد اخیر بیشتر به چشم می خورد. بسیاری از مدلهای مسئله PDSD تنهـا شامل دو لایه است:کارخانه های سازنده محصول و مشتریان.

هدف از ساخت و حل مدلهای PDSD، جایابی کارخانه های سازنده محصول است طوری که هدف از پیش تعیین شده ای حاصـل شود. هدف در اکثریت این نوع مسائل، حداقل کردن هزینه است. تعداد کمی از مدلها حداکثر کردن سود را مدنظر قـرار داده انـد و تعداد انگشت شماری از آنها نیز چند هدف را توأماً بررسی کرده اند.

تعداد کارخانه هائی که می بایست جایابی شوند در بسیاری از مدلها فقط یکی در نظر گرفته شـده اسـت اگرچـه مـدلهائی کـه بـه جایابی دو یا بیش از دو کارخانه پرداخته اند نیز به چشم می خورد.

مدلها، یکی از دو حالت تک محصولی و یا چند محصولی را بررسی می کنند، محدودیت ظرفیت برای کارخانه ها (حداقل ظرفیت از نظر اقتصادی و یا حداکثر ظرفیت از نظر محدودیت های تولیدی) در بعضی مدلها اعمال شده و در برخی دیگر لحاظ نشده است. در نهایت، تقاضائی که از طرف لایه مشتریان بر مدل تحمیل می شود در تعداد بسیار زیادی از مدلها قطعی در نظر گرفته شده اسـت و در تعداد کمی از آنها تصادفی فرض شده است.[1]

متأسفانه نکته ای که در مورد اکثریت قریب به اتفاق مدلهای PDSD به چشم می خورد این است که فاقد کاربردهای صنعتی بوده اند. لذا در این مقاله سعی شده است یکی از این مدلها را که در نوع خود بسیار ارزشمند است از حالت تئوری خارج کرده و به رفـع موانع موجود بر سر راه کاربرد آن در واقعیت پرداخته شود.

خصوصیاتی که در مورد مسائل PDSD مطرح شد برای این مدل می توان بصورت زیر بر شمرد:

۱- مسئله شامل دو لایه است: کارخانه های سازنده محصول و مشتریان

۲- تعداد کارخانه هائی که می بایستی جایابی شوند مجهول است.

۳- مسئله در حالت تک محصولی بررسی می شود.

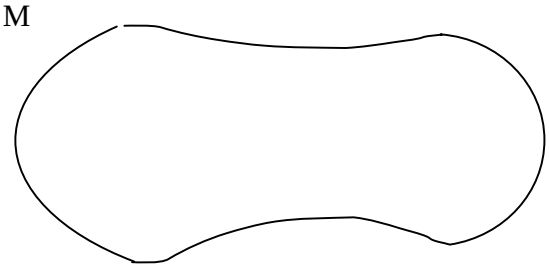
۴- تقاضای مشتریان توسط تابع چگالی تقاضا و بصورت قطعی در فضائی دو بعدی مشخص می شود و تقاضـای تمـامی ناحیه بایستی برآورده شود.

۵- محدودیتی برای ظرفیت هیچ یک از کارخانه ها وجود ندارد.

۶- هدف، حداقل کردن مجموع هزینه ها شامل هزینه های ثابت، هزینه های عملیاتی و هزینه‌های حمل و نقل است.

۲. یک مدل پیوسته از مسئله PDSD

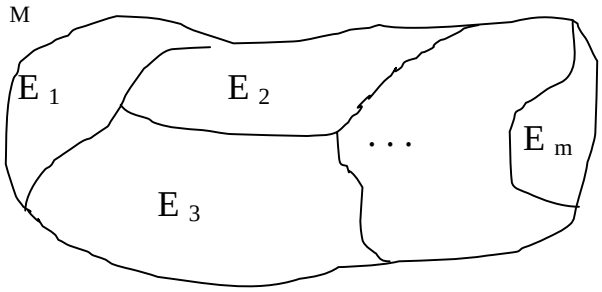
فرض کنید شرکتی قصد دارد تعدادی کارخانه در یک منطقه جغرافیائی مانند یک شهر احداث کند. این ناحیه جغرافیائی را در یک فضای دو بعدی همانند شکل ۱ با M نشان می‌دهیم.



شکل ۱ . ناحیه جغرافیایی تقاضا

محل های کاندید برای احداث کارخانه ها وجود ندارند بنابراین هر یک از کارخانه ها می تواند در هر نقطـه ای از ناحیـه M قرار گیرد.

تعداد کارخانه ها مجهول است بعبارتی، تعداد کارخانه ها بعنوان یک متغیر تصمیم در تعامل با سایر متغیرهای تصمیم برای رسیدن به هدف مسئله که حداقل کردن مجموع هزینه های سالیانه است تعیین خواهد شد. هر یک از کارخانه ها یک ناحیه هندسی منظم یا نامنظم در اطراف خود را پوشش می دهد.شکل ۲ یک حل نمونه را نشان می دهد.



شکل ۲. یک حل نمونه برای ناحیه جغرافیایی تقاضا

اجازه دهید ناحیه ای در فضای دو بعدی که کارخانه i ام آن را سرویس می دهـد بـا E_i و مسـاحت ایـن ناحیـه را بـا A_i نمایش دهیم. بنابراین خواهیم داشت: $\bigcup_{i=1}^{m} E_i = M$

علاوه بر این اشتراک این نواحی تهی خواهد بود بعبارتی هر کارخانه فقط یک ناحیه را سرویس می دهد و هـر ناحیـه فقـط از یـک کارخانه سرویس می گیرد لذا $\forall i \neq j : E_i \cap E_J = \phi$

به این ترتیب متغیرهای تصمیم مسئله عبارتنداز:

m: تعداد کارخانه ها

(x_i, y_i): مختصات محل احداث کارخانه iام i=1,…,m

E_i: ناحیه ای که توسط کارخانه iام سرویس داده می شودi=1,…,m

بدیهی است که $(x_i, y_i) \in E_i$

از آنجا که طبق فرضیات مسئله هر ناحیه E_i فقط از کارخانه iام سرویس می‌گیرد و کارخانه iام نیـز فقـط ناحیـه E_i را سـرویس می‌دهد لذا ظرفیت کارخانه iام برابر مجموع تقاضای ناحیه E_i در نظر گرفته می شود و نیازی به متغیرهای تصمیمی کـه ظرفیـت کارخانه ها را نشان دهند نیست، چرا که با مشخص شدن ناحیه E_i ، ظرفیت کارخانه iام قابل محاسبه خواهد بود.

اجازه دهید پارامترهای لازم برای حل مسئله را بصورت زیر نمایش دهیم:

D(x,y): تابع چگالی تقاضا در ناحیه M $\left(\frac{item}{mile^2.year}\right)$

$$\forall(x,y)\in M$$

F(x,y) هزینه ثابت سالیانه برای کارخانه ای که در نقطه (x,y) احداث شده است $\left(\frac{\$}{year}\right)$

$$\forall(x,y)\in M$$

f(x,y,w): هزینه عملیاتی تولیدw واحد کالا در کارخانه ای که در نقطه (x,y) احداث شده است ($)

$$\forall(x,y)\in M, w>0$$

g(x,y, E_i): هزینه حمل و نقل سالیانه برای کارخانه ای که در نقطه (x,y) احداث شده است و ناحیه E_i را پوشش می دهد.

$$\forall(x,y)\in M$$

هدف حداقل کردن مجموع هزینه ها شامل هزینه های ثابت، هزینه های عملیاتی و هزینه های حمل و نقل در یک پریود زمانی مشخص است که برای حل مسئله این پریود سالیانه در نظر گرفته شده است. بنابراین اگر هزینه های ثابتی در ابتدای احداث کارخانه ها بر شرکت تحمیل می شود (مانند هزینه خرید زمین، ساخت و...) می بایستی این هزینه ها را در طول سال های عمر پروژه و با توجه به نرخ تورم و ارزش اسقاط تقسیم نمود و سری یکنواخت سالیانه معادل آن را بدست آورد.

فرض کنید هزینه های عملیاتی تولید در هر نقطه، تابعی خطی از مقدار تولید باشد بنابراین داریم:

f(x,y,w)=a(x,y).w

جائیکه a(x,y): هزینه عملیاتی تولید هر واحد کالا در کارخانه ای که در نقطه (x,y) احداث شده است. $\left(\frac{\$}{item}\right)$

$$\forall(x,y)\in M$$

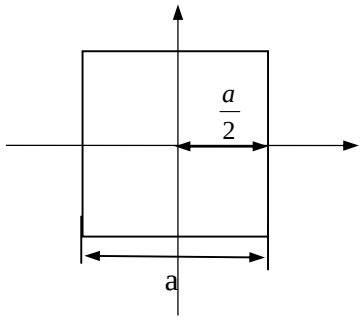
سرانجام آخرین فرض مدل این است که توابع a(x,y) , D(x,y) , F(x,y) و g(x,y, E_i) با شیب ملایم در ناحیه های E_i تغییر می‌کنند[1] .

برای حل مدل می بایستی شکل هندسی‌ای را مشخص کنیم که هر کارخانه اطراف خود را با آن شکل پوشش می دهد. برای مثال فرض کنید اگر کارخانهi ام قرار باشد مساحت A_i را سرویس دهد، این مساحت بصورت مربعی با ضلع $\sqrt{Ai}$ با مرکزیت(x_i, y_i) ناحیه را شکل دهد. علاوه بر این، معیار فاصله (مختصاتی ، مستقیم) نیز باید مشخص شود. به این ترتیب می توانیم بجای مسافت های مختلفی که از کارخانه تا هر یک از نقاط تقاضا طی می شود یک متوسط فاصله($\bar{d}$) را بدست آوریم.

برای شبیه سازی این مدل فرض می کنیم هر کارخانه اطراف خود را بصورت مربعی پوشش می دهد و معیار فاصله، فاصله اقلیدسی (مستقیم) است. یکی از کارخانه ها را در نظر بگیرید که قرار است مساحتA را سرویس دهد بنابراین تمامی نقاط تقاضا بـرای ایـن کارخانه، در مربعی با ضلع $\sqrt{A}$ محصور خواهند بود.به این ترتیب $\bar{d}$ را می توان به صورت زیر محاسبه کرد :

فرض کنید که طول ضلع مربع مساوی a می‌باشد در نتیجه $A = a^2$ و خواهیم داشت:

$$W = \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} (|x| + |y|)dxdy$$



$$W = \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \left(\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} (-x + |y|)dx + \int_{0}^{\frac{a}{2}} (x + |y|)dx \right) dy$$

$$W = \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \left(-\frac{1}{2}(0 - \frac{a^2}{4}) + |y|(0 + \frac{a}{2}) + \frac{1}{2}(\frac{a^2}{4} - 0) + |y|(\frac{a}{2} - 0) \right) dy$$

$$W = \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \left(\frac{1}{8}a^2 + \frac{1}{2}a|y| + \frac{1}{8}a^2 + \frac{1}{2}a|y| \right) dy = \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \left(\frac{1}{4}a^2 + a|y| \right) dy$$

$$W = \frac{1}{4}a^2(\frac{a}{2} + \frac{a}{2}) + a\left(\int_{-\frac{a}{2}}^{0} -ydy + \int_{0}^{\frac{a}{2}} ydy \right)$$

$$W = \frac{1}{4}a^2(a) + a\left(-\frac{1}{2}y^2 \int_{-\frac{a}{2}}^{0} + \frac{1}{2}y^2 \int_{0}^{\frac{a}{2}} \right) = \frac{1}{2}a^3$$

$$\bar{d} = \frac{W}{\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} dxdy} = \frac{W}{a^2} = \frac{1}{2}\sqrt{A} \Rightarrow k\sqrt{A} = \frac{1}{2}\sqrt{A} \Rightarrow k = 0.5$$

لذا با داشتن A می توانیم متوسط فاصله ای را که از کارخانه تا هر نقطه تقاضا طی می شود بدست آوریم.

نتیجه حل مدل بیان می کند که اگر نقطه (x,y) برای احداث یک کارخانه انتخاب شود بهترین مساحتی که این کارخانه بایـد آن را پوشش دهد از رابطه 1 قابل محاسبه است :

$$A^*(x,y) = \left(\frac{2F(x,y)}{c(x,y).k.D(x,y)} \right)^{\frac{2}{3}} \qquad (1)$$

لذا می بایست نقاطی از ناحیه M انتخاب شوند و ناحیه هائی بصورت مربع در اطراف این نقاط پوشـش داده شـوند. انتخـاب نقـاط ادامه می یابد تا زمانیکه تمام ناحیه M پوشش داده شود.

مجموع هزینه های سالیانه ای که کارخانه iام به ما تحمیل می کند طبق رابطه 2 تخمین زده می شود[1]:

$$TC^*(x,y) = \int_M a(x,y).D(x,y)dxdy + \int_M \frac{3}{\sqrt[3]{4}}.F(x,y)^{1/3}.(C(x,y).k.D(x,y))^{2/3}dxdy \quad (2)$$

و بنابراین مجموع TC^*ها می تواند برای ارزیابی جواب بکار رود:

$$\mathrm{TC}^* = \sum_{i=1}^{m} TC^*(x_i, y_i) \quad (3)$$

مشکل عمده برای کاربرد مدل عبارت است از:

محاسبه $A^*(x,y)$ و $TC^*(x,y)$ نیازمند چهار تابع F,D,C,a می باشد. اگرچه در اختیار نداشتن این توابع مشکل چندانی را برای محاسبهA ایجاد نمی کند (چرا که داشتن مقدار توابع F، C و D فقط در نقاطی که کارخانه ها احداث می شوند کافی است) اما برای محاسبه $TC^*(x,y)$ ها و ارزیابی نتیجه از روی TC کل ، در اختیار داشتن این توابع ضروری بنظر می رسد. محاسبه این ۴ تابع ریاضی بطوریکه بر روی تمام ناحیه M صدق کند اگر غیرممکن نباشد بسیار دشوار خواهد بود.

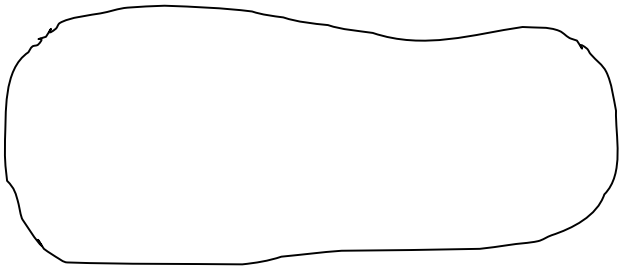
با رویکرد شبیه سازی کامپیوتری به حل این مشکل خواهیم پرداخت.

یک راه حل عملی برای استفاده از نتیجه مقاله

به منظور استفاده عملی از آنچه مقاله برای ما فراهم کرده است بایستی مشکلات موجود در راه استفاده از نتایج آنرا رفع نمود. همانطور که بیان شد یکی از بزرگترین مشکلات بدست آوردن توابع F، f، D، C، a، b می‌باشد. در روشی که برای حل مسائل جابجایی پیوسته بیان شد می‌بایستی این توابع را بدست آوریم اما اگر بتوانیم پلی را میان مسائل جابجایی گسسته بنا کنیم نیازی به این توابع نخواهد بود.

برای این کار به صورت زیر عمل می‌کنیم.

فرض کنید ناحیه μ شهری باشد که بایستی همه نقاط آن تحت پوشش قرار گیرد. نقشه شهرها عموماً شکل نامنظم دارند. تصور کنید که ناحیه مورد نظر ما به صورت شکل زیر باشد.



علاوه بر این فرض کنید نمادهای زیر برای مسئله بکار گرفته می‌شوند.

F: هزینه سالیانه ثابت کارخانه $(\$/year)$

f: هزینه تولید هر واحد کالا $(\$/item)$

D: تقاضای سالیانه هر مایل مربع $(\frac{item}{\delta - mile.year})$

C: هزینه عمل هر واحد کالا در هر فایل $(\frac{\$}{mile.item})$

نقشه شهر را می‌توانیم به ناحیه‌های کوچکتری تقسیم کنیم طوریکه مقدار توابع مورد نظر در تمامی نقاط هر منطقه تقریباً مقدار ثابتی باشد. در صورت لزوم می‌توانیم ناحیه μ را 4 بار تقسیم بندی کنیم و در هر تقسیم بندی مقدار یکی از این توابع برای تمامی نقاط داخل هر منطقه مقدار ثابتی را داشته باشد. برای مثال فرض کنید کل شهر را از نظر هزینه اولیه احداث کارخانه (هزینه ثابت سالیانه) می‌توانیم به 4 منطقه تقسیم کنیم طوریکه هزینه سالیانه در هر یک از نقاط منطقه I مقدار ثابتی دارد، در هر یک از نقاط منطقه II مقدار ثابت دیگری دارد و الی آخر.

به همین ترتیب برای هر یک از هر تابع f، D، C نیز می‌توانیم یک تقسیم بندی جداگانه انجام دهیم. مثلاً در مورد هزینه‌های عملیاتی(f) ممکن است شهر را به ۳ منطقه صنعتی، مرکز شهر و جنوب شهر تقسیم کنیم طوریکه هزینه‌های عملیاتی در منطقه صنعتی از همه کمتر باشد و هزینه‌های عملیاتی در مرکز شهر بیشترین مقدار و در جنوب شهر مقداری بینا بین را داشته باشد.

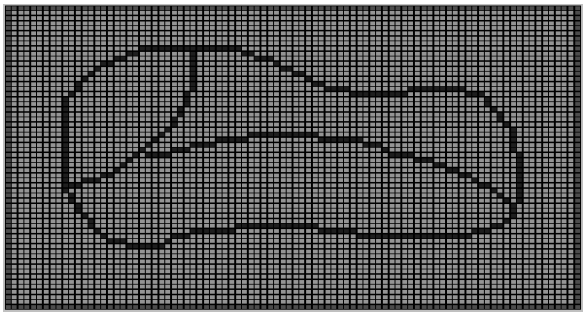
برای مثال فرض کنید هزینه‌های زیر را داشته باشیم.

$$f_I = 4.2\frac{\$}{item}$$

$$f_{II} = 4.9\frac{\$}{item}$$

$$f_{III} = 4.5\frac{\$}{item}$$

ناحیه μ بر حسب توابع D، C ترتیبی که بیان شد تقسیم بندی می‌شود. در پایان این مرحله 4 شکل ناحیه بندی از شهر خواهیم داشت برای هر کدام از این شکل‌ها مراحل زیر را دنبال می‌کنیم. شکل مربوط به تابع f را در نظر بگیرید.ناحیه μ را در داخل مستطیلی محاط کنید. سپس مستطیل را به سلول‌های کوچکتری تقسیم کنید. تمامی سلولهایی که در ناحیه μ قرار ندارند و یا اینکه قسمت عمده‌ای از آن (بیش از نیمی از مساحت آن) خارج از ناحیه μ واقع شده است حذف می‌شوند.



سلول‌های باقیمانده به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) اگر سلولی فقط به یک منطقه تعلق داشته باشد یعنی خطی که مرز بین منطقه‌ها را مشخص می‌کند از این سلول عبور نکند مقداری که برای f این سلول منظور می‌شود همان مقداری خواهد بود که برای منطقه‌ای که سلول در آن قرار گرفته است در نظر گرفته شده است. برای مثال اگر سلولی کاملاً در ناحیه II قرار داشته باشد. مقدار f ناحیه II به این سلول تخصیص داده می‌شود، به عبارتی اگر کارخانه در این سلول احداث شود هزینه عملیاتی تولید هر واحد کالا $f_{II} = 4.9\frac{\$}{item}$ خواهد بود.

ب) دسته دوم سلولهایی هستند که در مرز مشترک دو یا چند ناحیه واقع شده‌اند. برای این سلول‌ها میانگین وزنی، 8سلولی که آن را احاطه کرده‌اند منظور خواهد شد به شرطی که از سلول‌های احاطه کننده خودشان سلول مرزی نباشند، برای مثال سلولی که در شکل فوق در ردیف سوم از پایینی و ستون هفتم از چپ واقع شده است را در نظر بگیرید. از بین 8 سلولی که آنرا احاطه کرده‌اند 2 سلول مرزی هستند،3 سلول در ناحیه II و 3 سلول در ناحیه III واقع شده‌اند بنابراین مقداری که برای f این سلول تنظیم می‌شود از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$f = \frac{3f_{II} + 3f_{III}}{\sigma} = \frac{3(4.9) + 3(4.5)}{\sigma} = 4.7$$

به این ترتیب تمامی سلول‌هایی که در ناحیه μ قرار دارند دارای خصوصیتی به نام f هستند که مقدار آن ممکن است از یک سلول به سلول مجاور آن متفاوت باشد.

روند فوق را برای هر کدام از 3تابع F، D، C نیز تکرار می‌کنیم در نهایت هر سلول دارای 4 مقدار F، f، D، C، خواهد بود. بنابراین داریم:

F_I: هزینه ثابت سالیانه کارخانه‌ای که در سلول I احداث شده است. $(\$/year)$

f_I: هزینه عملیاتی تولید هر واحد کالا در کارخانه‌ای که در سلول I احداث شده است. $(\$/item)$

C_J: هزینه حمل و نقل هر واحد کالا در هر مایل در سلول J $(\$/mile.item)$

D_J: تقاضای سالیانه هر مایل مربع از سلول J $(\$/\delta - mile.year)$

علاوه بر این فرض کنید هر سلول معرف a مایل مربع باشد. بنابراین تقاضای سالیانه $D_J a$ خواهد بود.

$d(i,J)$ فاصله مختصاتی سلول i ام و سلول I ام (mile)

$$d(i,J) = (|x_i - x_J| + |y_i - y_J| * \sqrt{a}$$

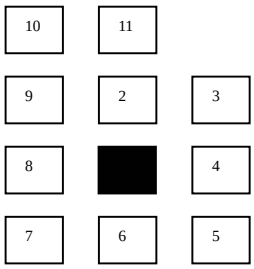
برای حل مسئله از شبیه سازی استفاده می‌کنیم. به این ترتیب که به هر کدام از سلول‌های باقیمانده (هر کدام از سلول‌هایی که ناحیه μ را تشکیل می دهند) یک عدد اختصاص می‌یابد. فرض کنید 3824 سلول باقی مانده است بنابراین به هر

کدام از این سلول‌ها یک عدد صحیح از ۱ تا 3824 به ترتیب تخصیص می‌یابد. سپس عددی تصادفی و صحیح در بازهٔ [1 , 3824] تولید می‌شود. عدد صحیح تولید شده به شماره سلول اشاره می‌کند برای مثال اگر عدد 548 انتخاب شود سلولی که به آن عدد 584 اختصاص یافته بود برای احداث اولین کارخانه انتخاب می‌شود. سپس ناحیه‌ای که این کارخانه باید پوشش دهد از رابطه $A=(\frac{2F_J}{C_J.K.D_J})$ محاسبه می‌شود که در آن J=548 است. K نیز همانطور که پیش از این اشاره شد ضریب شکست است بدلیل اینکه ما از فاصله‌های مختصاتی برای حمل و نقل استفاده می‌کنیم و فرض می‌کنیم که کارخانه‌ها نواحی اطراف خود را به صورت مربعی پوشش می‌دهند لذا k=0.5 در نظر گرفته می‌شود.

A بدست آمده بر حسب مایل مربع خواهد بود. اگر A را بر a تقسیم کنیم تعداد سلولهایی که بایستی توسط این کارخانه پوشش داده شود بدست می‌آید. بنابراین $n_1=\frac{A}{a}$ تعداد سلولهایی را نشان می‌دهدکه این کارخانه بایستی آنها را تحت پوشش قرار دهد. با احتمال بسیار زیراد n_1 عددی غیر صحیح خواهد بود لذا n_1 به اولین عدد صحیح بزرگتر از خود اطلاق می‌شود بنابراین داریم:

$$If\ n_1 \in z\ the\ \ n=n_1$$
$$else\ If\ n_1 \in z\ the\ n=\lfloor n_1 \rfloor+1$$

اولین سلولی که تحت پوشش قرار می‌گیرد همان سلولی است که کارخانه در آن احداث شده است و سپس سلولهای اطراف آن به صورت حلزون‌وار تحت پوشش قرار می‌گیرند تا جائیکه n سلول پوششی داده شود. برای نمونه اگر n=11 باشد شکل زیر را خواهیم داشت.



بعد از آن بایستی محل احداث دومین کارخانه مشخص شود. بنابراین عدد تصادفی دیگری تولید می‌شود وسلول مربوط به این عدد تصادفی مشخص می‌شود. در صورتیکه این سلول قبلاً تحت پوشش قرار گرفته باشد رد می‌شود و عدد تصادفی دیگری تولید می‌شود. همچنین زمانیکه سلول مورد نظر در ناحیه باریکی بین دو ناحیه پوششی داده شده قرار گیرد رد می‌شود و عدد تصادفی دیگری تولید می‌شود.

به این ترتیب سلول موجهی انتخاب شده که محل احداث کارخانه دوم خواهد بود و لاند فوق برای این سلول تکرار می‌شود.

انتخاب اعداد تصادفی و احداث کارخانه‌های جدید آنقدر تکرار می‌شود تا دیگر هیچ سلولی که شرایط لازم برای احداث کارخانه را داشته باشد یافت نشود. این در حالی است که هنوز برخی سلولها تحت پوشش هیچ کارخانه‌ای قرار نگرفته‌اند. از آنجا که همه سلول‌ها ناحیه μ باید تحت پوشش قرار گیرند لذا در این مرحله هر کدام از سلول‌های باقیمانده که تحت پوشش قرار نگرفته‌اند بر اساس معیار هزینه و تولید و هزینه حمل و نقل به بهترین کارخانه‌ای که می‌تواند آنرا تحت پوشش قراردهد واگذار می‌شود. بنابراین برای سلول J که هنوز تحت پوشش قرار نگرفته است به ازای هر کارخانه i تابع هزینه زیر محاسبه می شود:

$$h_{iJ} = f_i D_{Ja} + d(i,J)(\frac{C_i + C_J}{2}) D_{Ja}$$
$$= f_i D_{Ja} + (|x_i - x_J| + |y_i - y_J|) * \sqrt{a} * (\frac{C_i + C_J}{2}) D_{Ja}$$

سلول J تحت پوشش کارخانه‌ای قرار می‌گیرد که کمترین h_{iJ} را داشته باشد بعبارتی سلول J تحت پوش کارخانه احداث شده در سلول ؟؟ قرار می‌گیرد. که در آن خواهیم داشت: $h_{2J} = \mu in\{h_{iJ} : \forall_i\}$

برای تمامی سلولهایی که تحت پوشش قرار نگرفته‌اند همین روند تکرار می‌شد.

بعد از پایان این مرحله، Allication را انجام می‌دهیم و روندی که در بالا ذکر شد را برای تمامی سلولهای ناحیه μ بجز آنهایی که کارخانه‌ای در آنها احداث شده است دنبال می کنیم. در این مرحله ممکن است برخی از کارخانه‌ها (بدلیل هزینه‌های عملیاتی زیاد) تمامی سلولهایی که قبلاً تحت پوشش خود قرار داده بودند را به کارخانه دیگری واگذار کنند لذا اگر تمامی سلول‌های اطراف یک کارخانه به کارخانه دیگری واگذار شود تصمیم می‌گیریم که این کارخانه را احداث نکنیم و سلول مربوط به این کارخانه نیز خود تحت پوشش یکی از کارخانه‌های دیگر قرار گیرد.

بعد از پایان نامه Allocation در واقع یک تکرار شبیه سازی به اتمام رسیده است. کل هزینه سالیانه این تکرار را می‌توانیم از رابطه زیر محاسبه نماییم.

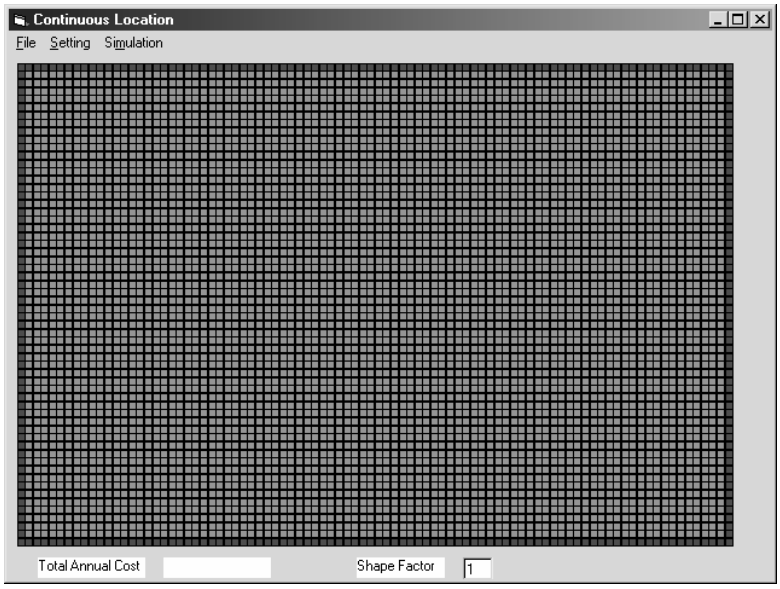
$$TC = \sum_{\forall \delta \in s} (F_s + f_s D_s a + D_s a K \sqrt{a} + \sum_{\forall J \in s} f_s D_J a + (\frac{C_s + C_J}{2}) * D_{Ja} *$$
$$* \left(|x_s - x_J| + y_s - y_J)\sqrt{a}\right)$$

S مجموعهٔ تمام کارخانه‌های باقیمانده می‌باشد و S شماره سلول کارخانه‌ها می‌باشد برای مثال اگر 5 کارخانه در سلول‌های 256 ، 780 ، 2010 ، 2326 و 3026 باقیمانده باشد آنگاه مجموعه S بصورت زیر خواهد بود:

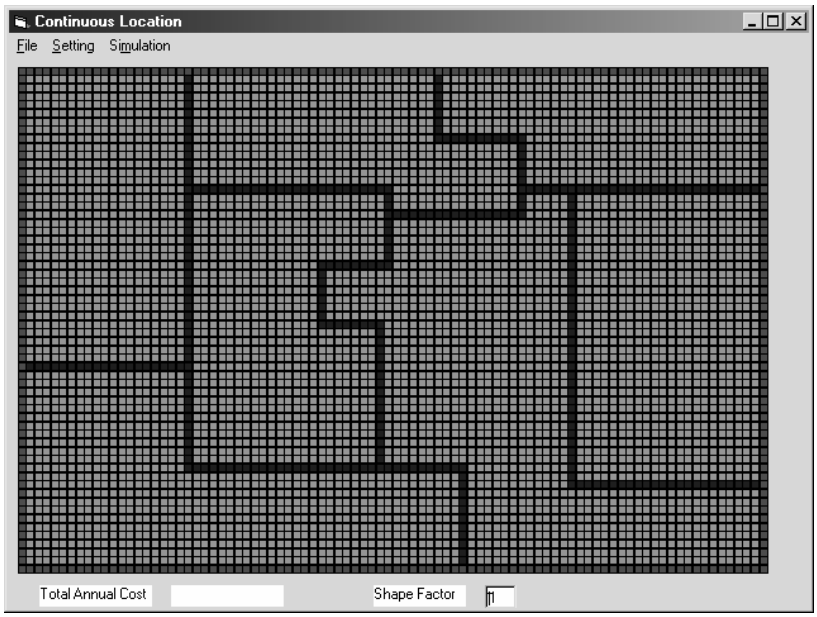
$$S = \{256, 780, 2010, 232b, 302b\}$$

تابع T_C معیار مقایسهٔ تکراری‌های شبیه‌سازی خواهد بود. شبیه‌سازی در تکرار بعدی در حالی آغاز می‌شود که مقادیر توابع F_J ، F_J ، C_J و D_J که برای هر کدام از سلول‌ها تنظیم شده است همچنان به قوت خود باقی خواهد بود و فقط تولید اعداد تصادفی با انتخاب اولین کارخانه از سر گرفته می‌شود. شبیه‌سازی هرچند بار که مایل باشیم تکرار می‌شود و در پایان هر مرحله، T_C طراحی که آن تکرار ارائه می‌دهد محاسبه می‌شود. در نهایت بعد از پایان تکرار (مثلاً بعد از ۱۰۰ تکرار)، طرحی که کمترین T_C را در میان بقیهٔ طرحها دارد بعنوان بهترین طرح انتخاب می‌شود.

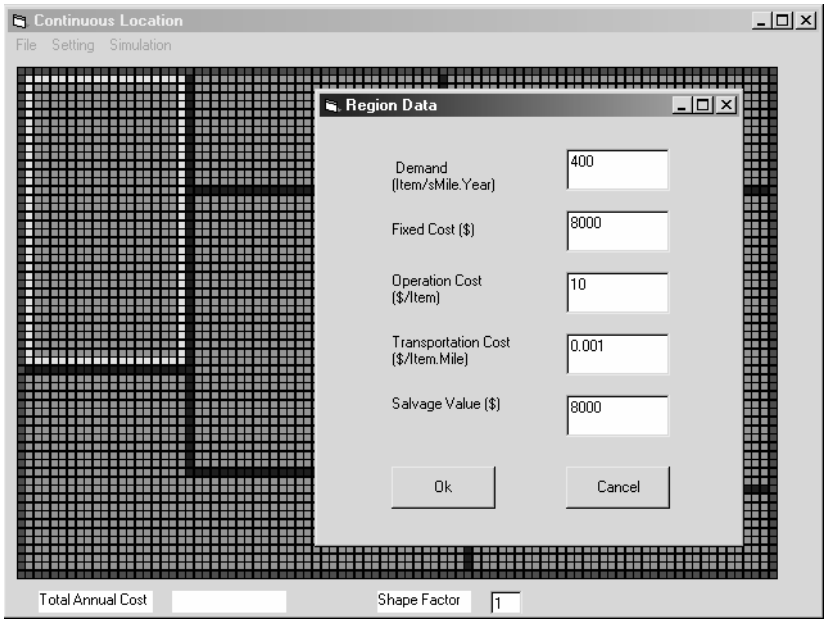
در صفحات بعدی مراحل حل مسأله توسط نرم افزار آورده شده است .



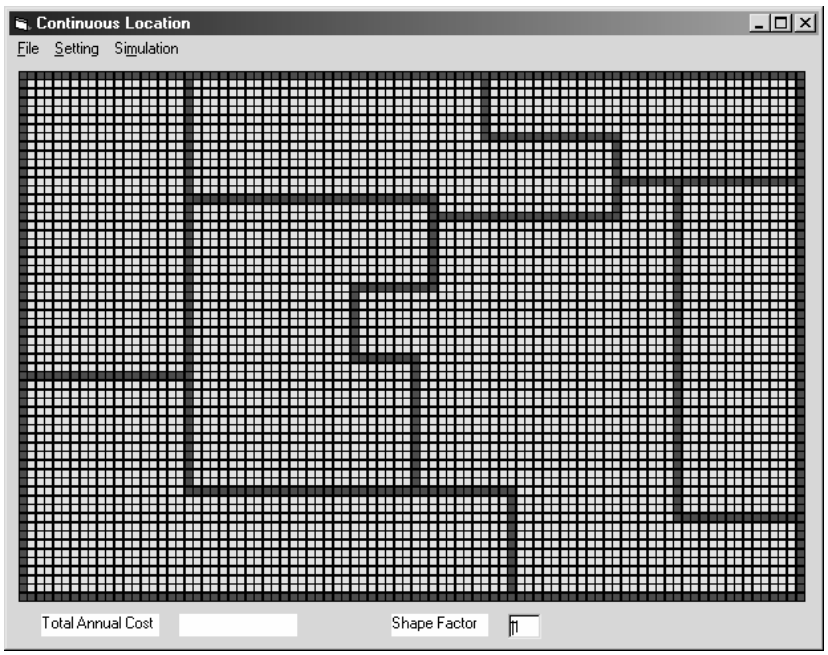
صفحه اولیه نمایش نرم افزار



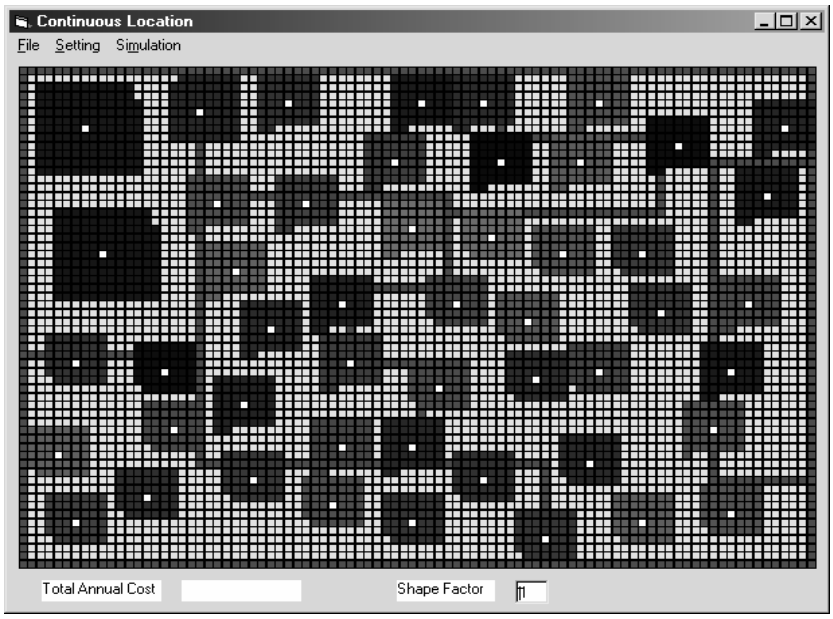
مشخص کردن نواحی



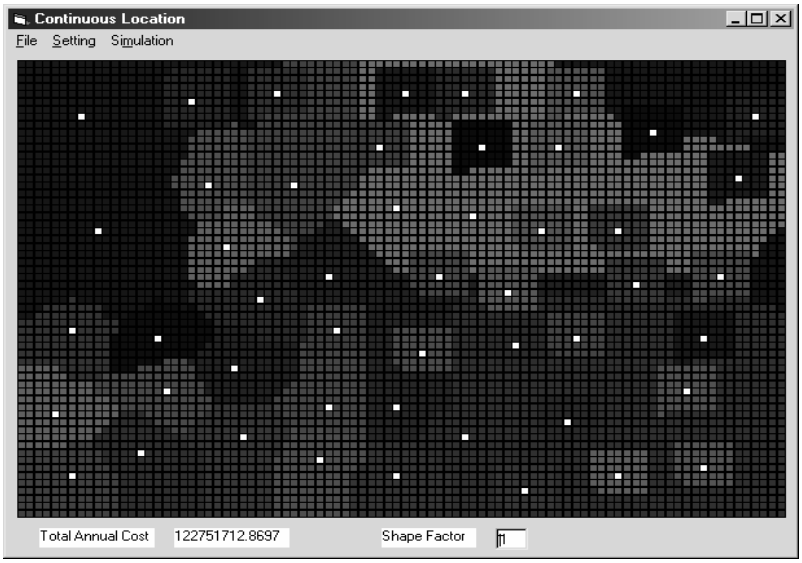
تعیین پارامترهای مسأله برای نواحی مختلف



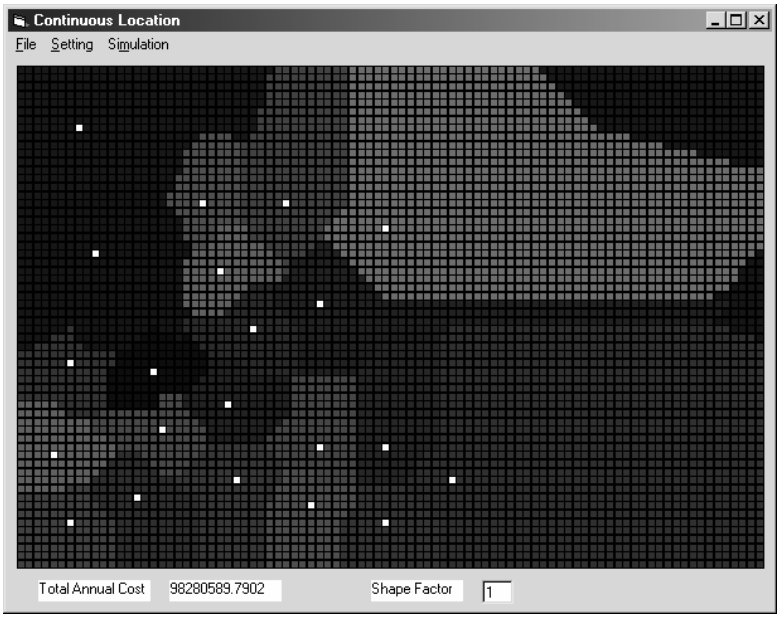
Assign کردن نواحی



تعیین محل تسهیلات و ناحیه تحت پوشش هر کدام



تخصیص نقاط پوشش داده نشده



Allocation

منابع

1)Dasci & Verter,(2001),A Continuous Model for Production - Distribution System Design,European Journal of Operational Research.287-298