

بررسی عملکرد الگوریتم مورچه برای مسئله ی مکان یابی و تخصیص (مطالعه موردی: منطقه 3 شهر تهران)

آزاده نصیری¹، محمد سعدی مسگری²، ریحانه نعمت الهی³

1. دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

Nasiri1989@gmail.com

2. دانشیار، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

mesgari@kntu.ac.ir

3. دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

rn_nematollahi065@yahoo.com

چکیده

یکی از مسائل پر کاربرد در هر جامعه ای، مسائل مکانیابی و تخصیص منابع به تقاضا کنندگان می باشد. این گونه مسائل از نوع مسائل Np-Hard بوده که با افزایش تعداد نقاط تقاضا و مراکز خدماتی، پیچیدگی و حجم محاسبات مسئله به صورت نمایی افزایش میابد. برای حل این مشکل، روشهای فراابتکاری متناسب با شرایط مساله توسعه یافته اند. در این مقاله از روش فراابتکاری سیستم مورچه¹ به عنوان یک روش بهینه سازی برای مکان یابی مراکز خدمات شهری و تخصیص بلوک های شهری به این مراکز استفاده شده است. با توجه به این امر که مسأله مکانیابی و تخصیص منابع دومیسأله جدا نبوده و برهم تأثیر مستقیم دارند، در روش پیشنهادی این دومیسأله بصورت همزمان حل می شوند. با بررسی نتایج بدست آمده در مورد داده های مورد مطالعه می توان گفت ساختار طراحی شده توانایی لازم جهت حل این نوع مسایل را با فرض انتخاب اولیه مناسب مکان مراکز خدمات شهری دارا می باشد.

کلمات کلیدی: مکان یابی، تخصیص، بهینه سازی، سیستم مورچه

1-مقدمه

در مسایل مکان یابی و تخصیص معمولاً هدف، بهینه سازی یک تابع موسوم به تابع هدف است که متناسب با شرایط مساله و پارامترهای موثر در تصمیم گیری تعریف می شود. اکثر راه حل های ارایه شده برای این نوع مسایل از لحاظ محاسباتی پیچیده هستند. در مواردی که از الگوریتم های قطعی چند جمله ای برای حل این مسایل استفاده می شود، درجه چند جمله ای برای مسایل با تعداد محدود منابع خدماتی و متقاضیان به اندازه ای بزرگ بوده که زمان حل مساله بسیار زیاد شده و در بیشتر موارد عملاً نمی توان از این روشها استفاده کرد. برای حل این مشکل، روشهای ابتکاری متناسب با شرایط مساله بوجود آمده و گسترش یافته اند [2]. این روشها جوابهای تقریبی نزدیک به حالت بهینه و یا حتی در بعضی موارد جواب بهینه را برای یک مساله با شرایط و قیود خاص ارایه می کند [10].

¹ Ant System

با اینکه قبل از پیدایش علم سیستم اطلاعات مکانی، مطالعات زیادی در علوم دیگر در زمینه آنالیزهای مکانیابی و تخصیص انجام شده بود و در حال حاضر هم این تحقیقات ادامه دارد، ولی با توجه به اینکه در بیشتر کاربردها و مسایل مربوط به تخصیص، بخش مهمی از اطلاعات و تحلیل های مورد نیاز جنبه مکانی دارد، لذا می توان با استفاده از قابلیت های علم سیستم اطلاعات مکانی، در کنار روش های بهینه سازی و شبیه سازی موجود و الگوریتم های مختلف انجام آنالیزهای تخصیص در جهت حل بهترین مسایل گام برداشت [3]. در این مقاله، با مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه حل مسایل مکانیابی و تخصیص، نحوه طراحی و پیاده سازی یک روش ابتکاری بر پایه الگوریتم مورچه را برای تعیین مکان مراکز خدماتی با توجه به بهینه سازی تخصیص بلوک های ساختمانی به مراکز خدماتی، با استفاده از قابلیت های علم و فناوری سیستم اطلاعات مکانی تشریح می شود. در روش پیشنهادی یک الگوریتم مورچه برای مکانیابی و تخصیص منابع به کار گرفته شد. با توجه به این امر که مسأله مکانیابی و تخصیص منابع دومسأله جدانپسوده برهم تأثیر مستقیم دارند، در روش پیشنهادی این دومسأله بصورت همزمان حل می شوند. این فرآیند مکانیابی و تخصیص همزمان تارسیدن به بهترین مکانیابی با بهترین تخصیص متناسب با تابع هدف معرفی شده ادامه می یابد.

۲- پیشینه تحقیق

مطالعه مکان یابی به صورت رسمی از سال 1909 با مطالعه weber بر روی چگونگی تعیین مکان یک منبع برای کمینه سازی فاصله بین آن و تعدادی متقاضی شروع شد [5]. مطالعات در سال 1964 به وسیله Hakimi به صورت رسمی تر برای تلاش برای مکان یابی مراکز راه گزینی در شبکه ارتباطی و ایستگاه های پلیس در جاده ها ادامه یافت [9]. از زمان مطرح شدن مسائل مکان یابی و تخصیص تا کنون روش های زیادی (دقیق- ابتکاری) برای حل آن ها ارائه شده اند، Cooper در سال 1963 روش تست کردن همه تخصیص ها را مطرح کرد [6]. Kuene و Soland با استفاده از الگوریتم تحدید و انشعاب، جواب بهینه را ارائه کردند [4]. Love و همکارانش در سال 1975 روش کاهش مجموعه و الگوریتم p-median را برای حل این مسائل ارائه کردند [1]. روش آنها می تواند جواب دقیق مسایل را تا ابعاد خاصی پیدا کند. اولین روش ابتکاری توسط Cooper در سال 1964 به نام الگوریتم تکراری مکان یابی و تخصیص شناخته شد [7]. الگوریتم های مختلفی مثل جستجوی ممنوع، الگوریتم ژنتیک، جستجوی همسایگی متغیر برای حل این مساله توسط محققان استفاده شده است، به عنوان نمونه Brimberg و همکارانش از روش جستجوی ممنوع (Bimberg et al, 2000)، Hansen و همکارانش از روش ژنتیک [2] و Whitaker از روش جستجوی همسایگی متغیر [8] برای حل این مساله استفاده کرده اند. در سال 1997 M.Dorigo و L.M.Gambardella یک روش یادگیری مشارکتی برای مسئله فروشنده دوره گرد با استفاده از روش Ant Colony System ارائه کردند. در سال 2006، A.vlachos مقاله ای تحت عنوان، حل مسئله مکانیابی و تخصیص ظرفیت دار با استفاده از سیستم کلونی مورچه، ارائه کرد.

۳- مفاهیم

بهینه سازی گروه مورچه ها یا ACO² یک الگوریتم مناسب یافتن راه حل های تقریبی برای مسائل بهینه سازی ترکیباتی است. در این روش، مورچه های مصنوعی به وسیله حرکت بر روی نمودار مساله و با باقی گذاشتن نشانه هایی بر روی نمودار، همچون مورچه های واقعی که در مسیر حرکت خود نشانه هایی باقی می گذارند، باعث می شوند که

² Ant Colony Optimization

مورچه‌های مصنوعی بعدی بتوانند راه‌حل‌های بهتری را برای مساله فراهم نمایند. همچنین در این روش می‌توان توسط مسائل محاسباتی-عددی بر مبنای علم احتمالات بهترین مسیر را در یک نمودار یافت. این روش که از رفتار مورچه‌ها در یافتن مسیر بین محل لانه و غذا الهام گرفته شده؛ اولین بار در 1992 توسط مارکو دوریگو³ در پایان نامه دکترایش مطرح شد.

در دنیای واقعی مورچه‌ها ابتدا به طور تصادفی به این سو و آن سو می‌روند تا غذا بیابند. سپس به لانه بر می‌گردند و ردی از فرومون⁴ به جا می‌گذارند. چنین ردهایی پس از باران به رنگ سفید در می‌آیند و قابل رویت اند. مورچه‌های دیگر وقتی این مسیر را می‌یابند، گاه پرسه زدن را رها کرده و آن را دنبال می‌کنند. سپس اگر به غذا برسند به خانه بر می‌گردند و رد دیگری از خود در کنار رد قبل می‌گذارند؛ و به عبارتی مسیر قبل را تقویت می‌کنند. فرومون به مرور تبخیر می‌شود که از سه جهت مفید است:

- باعث می‌شود مسیر جذابیت کمتری برای مورچه‌های بعدی داشته باشد. از آنجا که یک مورچه در زمان دراز راه‌های کوتاه‌تر را بیش تر می‌پیماید و تقویت می‌کند هر راهی بین خانه و غذا که کوتاه‌تر (بهتر) باشد بیشتر تقویت می‌شود و آنکه دورتر است کمتر.
- اگر فرومون اصلاً تبخیر نمی‌شد، مسیرهایی که چند بار طی می‌شدند، چنان بیش از حد جذاب می‌شدند که جستجوی تصادفی برای غذا را بسیار محدود می‌کردند.
- وقتی غذای انتهایی یک مسیر جذاب تمام می‌شد رد باقی می‌ماند.

لذا وقتی یک مورچه مسیر کوتاهی (خوبی) را از خانه تا غذا بیابد بقیه مورچه‌ها به احتمال زیادی همان مسیر را دنبال می‌کنند و با تقویت مداوم آن مسیر و تبخیر ردهای دیگر، به مرور همه مورچه‌ها هم مسیر می‌شوند. هدف الگوریتم مورچه‌ها تقلید این رفتار توسط مورچه‌هایی مصنوعی است که روی نمودار در حال حرکت اند. انواع مختلف الگوریتم بهینه سازی مورچگان وجود دارد که تفاوت عمده بین این الگوریتم‌ها در آپدیت فرومون می‌باشد. ما در این مقاله از الگوریتم Ant System استفاده کرده ایم.

4- الگوریتم Ant System

در این روش احتمال عبور مورچه k ام از نود i به نود j (P_{ij}) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha \cdot \eta_{ij}^\beta}{\sum_{l \in allowed} \tau_{il}^\alpha \cdot \eta_{il}^\beta} & \text{if } j \in allowed \text{ k} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \quad (2)$$

η_{ij} : مقدار visibility هر یال

τ_{ij} : مقدار فرومون روی هر یال

³ Marco Dorigo

⁴ Pheromone

α, β : پارامتر کنترلی

$allowed_k$: نودهایی که هنوز توسط مورچه k رویت نشده اند

d_{ij} : فاصله دو نود

در این سیستم آپدیت فرمون برای هر یال متصل کننده دو نود توسط تمامی مورچه گان با استفاده از فرمول زیر انجام می شود:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k \quad (3)$$

$$\Delta \tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k} & \text{if ant } k \text{ used edge}(i, j) \text{ in its tour} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

ρ : نرخ تبخیر فرمون

Q : عدد ثابت

L_k : طول مسیر طی شده توسط مورچه k ام روی یال ij

۵-مدلسازی و توسعه مدل (ترجمه مشکل به فضای Ant)

یکی از راه های برآورد میزان مناسب بودن مکان یک مرکز خدماتی، اندازه گیری میانگین مسافت پیموده شده توسط نقاط تقاضا برای رسیدن به مرکز خدماتی است. هر چه میانگین فاصله سفر افزایش یابد، دسترسی مرکز خدماتی و در نتیجه کارایی مکان تعیین شده برای مراکز خدماتی کاهش می یابد. برای فرمول سازی این مسئله به صورت ریاضی، ابتدا باید متغیرهای تصمیم گیری زیر معرفی شوند:

در این روابط i اندکس نقطه تقاضا و j اندکس مکان مستعد ساخت مرکز خدماتی است. تابع هدف به صورت زیر تعریف می شود:

$$\min(X \sum_j Y_{ij} d_{ij}) \quad (5)$$

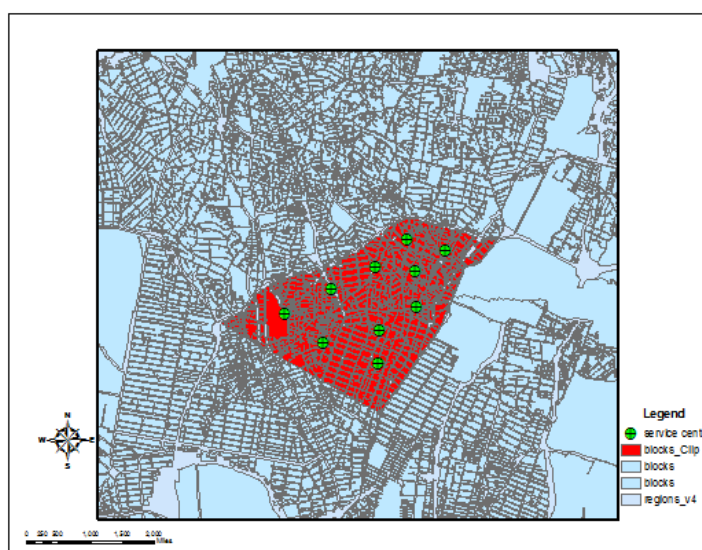
$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{اگر نقطه } j \text{ به عنوان مرکز خدماتی انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اگر نقطه تقاضای } i \text{ با مرکز خدماتی } j \text{ خدمات دهی شود} \\ 0 & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

d_{ij} : فاصله بین نقطه تقاضا i و مرکز خدماتی j

6-متدلوژی تحقیق

در این تحقیق هدف انتخاب ۳ مرکز خدماتی از ۱۰ مرکز خدماتی موجود و تخصیص بهینه بلوک های شهری به این ۳ مرکز انتخابی است به صورتی که مجموع فواصل بلوک ها از این مراکز کمینه شود برای این منظور قسمتی از منطقه ۳ شهر تهران را به عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفتیم و سپس در نرم افزار Arc GIS ۹.۳ داده های مربوط به موقعیت بلوک های شهری این منطقه را وارد نمودیم سپس به صورت تصادفی ۱۰ نقطه را به عنوان مرکز خدماتی انتخاب نمودیم. در شکل ۱ نمایی از لایه های مورد استفاده نشان داده شده است.

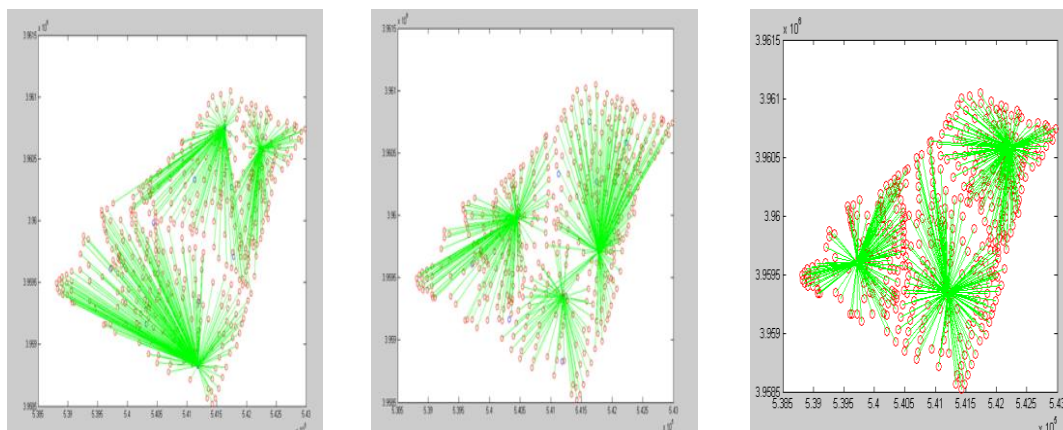


شکل ۱- نمایی از منطقه مورد مطالعه

سپس با استفاده از ابزار موجود در Arc GIS فاصله اقلیدسی بین تمامی بلوک های شهری و مراکز خدماتی را بدست آوردیم. سپس برای پیاده سازی الگوریتم مورچه بر روی این مسئله فواصل بدست آمده را به نرم افزار متلب ۲۰۰۹a برای پردازش های بعدی وارد کردیم. برای پیاده سازی این مسئله به الگوریتم مورچه بلوک های شهری را به عنوان مورچه ها و مراکز خدماتی را به عنوان منبع غذا معرفی نمودیم.

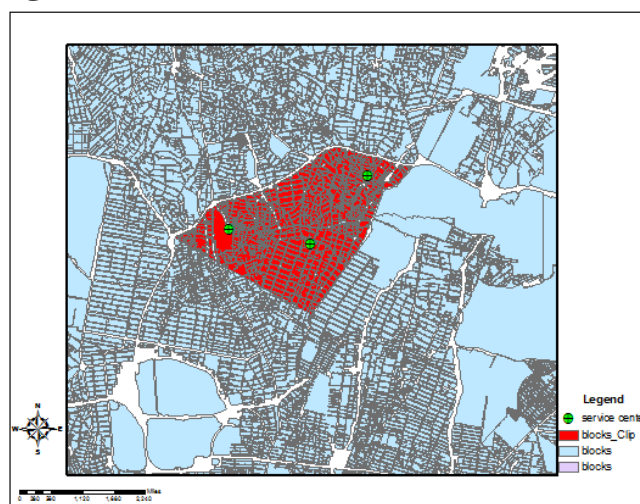
7-نتایج

نتایج بدست آمده در تکرار های مختلف با $\alpha=2$ و $\beta=2$ و $\rho=0.5$ به صورت زیر می باشد. (با افزایش تعداد تکرار نتایج از چپ به راست بیشتر شده است)



شکل ۲- نمایش مراحل بهینه شدن مکان یابی مراکز خدماتی و تخصیص بلوک ها به آن ها به ترتیب در تکرار های ۱۸۷ و ۲۰۶ و ۱۸۷

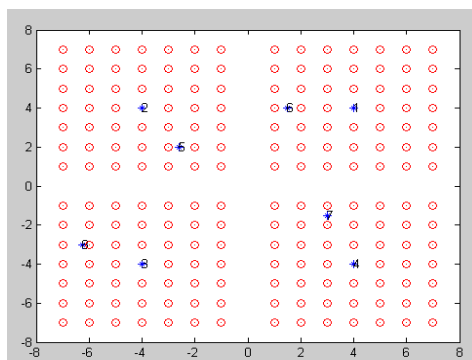
بدین ترتیب موقعیت مراکز انتخاب شده در منطقه مورد مطالعه به صورت زیر بدست می آید:



شکل 3- مراکز انتخاب شده

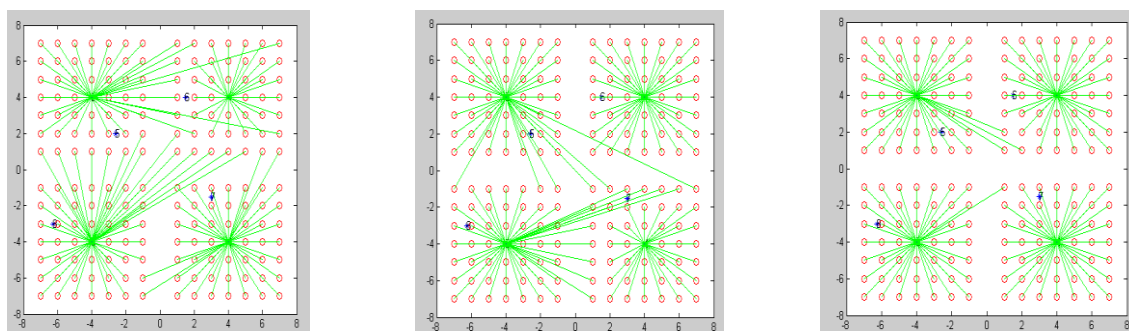
8-اعتبار سنجی

به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم مورچه در بهینه سازی مکان یابی و تخصیص بلوک های شهری به این مراکز از داده های شبیه سازی شده کاملا منظم استفاده کردیم ، به این صورت که ۱۹۶ بلوک ساختمانی و ۸ مرکز خدماتی را در نظر گرفتیم به گونه ای که ۴ تای این مراکز دقیقا در مرکز این بلوک های منظم قرار می گیرند.



شکل ۴- نمایش بلوک های منظم

در شکل 4 هدف مکان یابی 4 مرکز خدماتی به صورت بهینه و تخصیص بلوک های شهری به این مراکز می باشد. بعد از اجرای برنامه همانطور که انتظار می رفت از بین 8 مرکز موجود دقیقاً آن 4 مرکزی انتخاب می شود که در مرکز داده های منظم قرار داشته اند که این حاکی از عملکرد مناسب برنامه برای مکان یابی است ولی روند تخصیص همانطور که در اشکال زیر نشان داده شده است مقداری با خطا همراه است. این به دلیل ماهیت تصادفی بودن الگوریتم های فرا ابتکاری است. در واقع این روش ها جواب های تقریبی نزدیک به حالت بهینه و یا حتی در بعضی موارد جواب بهینه را برای یک مسئله با شرایط و قیود خاص ارائه می کنند.



شکل ۵- نمایش مراحل بهینه شدن مکان یابی مراکز خدماتی و تخصیص بلوک ها به آن ها در تکرار های ۶۰ و ۶۲ و ۶۴

9- نتیجه گیری و پیشنهادات

در این تحقیق بر آن شدیم تا با استفاده از یکی از الگوریتم های هوش جمعی که در حل مسائل پیچیده کاربرد دارند، مبادرت به بهینه سازی مسئله مکان یابی مراکز خدماتی و تخصیص بلوک های شهری منطقه 3 شهر تهران به این مراکز، نمائیم. برای این منظور عملکرد الگوریتم مورچه را برای این مسئله بررسی نمودیم و در تکرارهای مختلف، جواب های متفاوتی را بدست آوردیم که این موضوع بیانگر ماهیت تصادفی بودن الگوریتم های فرا ابتکاری می باشد. به منظور ارزیابی عملکرد این الگوریتم از دو دسته داده استفاده نمودیم، دسته اول داده های واقعی هستند که در آن ها نظم خاصی وجود ندارد و همراه با پیچیدگی های محیطی می باشند. دسته دوم داده های منظم هستند که به منظور تست الگوریتم مورد استفاده قرار می گیرند. نتایج ارائه شده در هر دو سری داده، حاکی از درستی عملکرد این الگوریتم در حل مسئله بهینه سازی مورد نظر است.

در پایان پیشنهاد می گردد با تغییر پارامترهای کنترلی الگوریتم نظیر α ، β ، ρ و معرفی یکسری قیود برای تابع هدف نظیر در نظر گرفتن ظرفیت مراکز خدماتی و حداقل زمان دسترسی و... نتایج متفاوتی را بدست آوریم که به واقعیت نزدیکتر می باشد.

منابع

- [1]. جعفری ، م.(1381)، بهبود و توسعه آنالیزهای فضایی GIS جهت تعیین حوزه ی فعالیت مراکز خدماتی شهری، دانشگاه خواجه نصیر.
- [2]. Hansen P., Mladenovic N., Taillard E., 1997, Heuristic solution of the multisource weber problem as a p-median problem, operation Research Letters, 22:55-62
- [3]. Hoard M., 2005, System modeling in support evidence – based disaster planning for rural areas, International journal of hygiene and environmental health, 203(1-2):117-125
- [4]. GIS Services-ESRI Ireland Services-Location Allocation Modelling.Htm
- [5]. M.A P Taylor and L.pitaksringkarn, “Grouping genetic algorithm in GIS :afacility Location modelong,” Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol.6, pp.2908-2920, 2005.
- [6]. M.A.Arostegui Jr., S.N.Kadipasaoglu, and B.M.Khumawal, ”An empirical comparison of TabuSearch, Simulated Annealing, and Genetic Algorithms for facilities location problems,” International Journal of Production Economics, vol.103, pp.742-754, 2006.
- [7]. M.Jamshidi, ”Median Location Problem,” in Facility Location, R.Zanjirian Farahani and M.Hekmatfar, Eds., ed:Physical-Verlag HD, 2009, pp.177-191.
- [8]. Whitaker R., 1983, A fast algorithm for the greedy inter-change of large scale clustering and median location problems, Infor, 21:95-108
- [9]. X.Li and A.Gar-On Yeh, “Integration of genetic algorithms and GIS for optimal location search,” Integration Journal of Geographical Information Science, vol.19, pp.581-601, 2005.
- [10]. Zhou J., Lin B., 2003, New stochastic models for capacitated location – allocation problem, Computers and industrial engineering, 45:111-125