روش ترکیبی الگوریتم عملیات حرارتی شبیه‌سازی شده برای حل مسئله چندهدفه مکان‌یابی– مسیر یابی در فضای پیوسته

احمد حکیمی*، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه شاهد، Ahmadhakimi999@yahoo.com

مهدی بشیری، عضو هیأت علمی مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، Bashiri.m@gmail.com

فرشید سمائی، فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه شاهد ، Farshidsamaei@gmail.com

چکیده: مسئله مکان‌یابی – مسیر یابی یکی از مهمترین مسائل لجستیک می باشد که شامل انتخاب بهینه مکان انبار و انتخاب بهترین مسیر می‌باشد. در اغلب مواقع مجموعه ای از نقاط کاندید برای انتخاب انبار وجود دارد ولی گاهی این مسئله در فضای پیوسته مطرح می شود. در این مقاله به دنبال یافتن بهترین مکان برای انبار در فضای پیوسته هستیم که می‌خواهیم به طور همزمان هزینه و ریسک را با استفاده از روش فراابتکاری کاهش دهیم. حل این مسئله با استفاده از روش ترکیبی الگوریتم عملیات حرارتی شبیه‌سازی شده و الگوریتم جستجوی ممنوعه انجام می‌شود. در پایان با حل مثالی جواب‌های غیرمسلط نمایش داده می‌شود که بر اساس این نتایج روش پیشنهادی ترکیبی الگوریتم عملیات حرارتی شبیه‌سازی شده عملکرد خوبی در بدست آوردن جواب‌ها داشته است.

کلمات کلیدی: چندهدفه، مسئله پیوسته مکان یابی – مسیر یابی، عملیات حرارتی شبیه‌سازی شده، جستجوی ممنوعه

۱.مقدمه

مسئله مکان‌یابی – مسیریابی که در واقع انتخاب بهترین مکان و مسیر را به طور همزمان در نظر می‌گیرد و به دنبال کاهش هزینه کل می‌باشد که شامل هزینه راه اندازی انبار و حمل و نقل است. در اکثر تحقیقات صورت گرفته در این حوزه مجموعه ای از مکان های کاندید موجود می باشد و مقالات اندکی مکان بهینه را در فضای پیوسته جستجو می کنند. نگی و سالهی (۲۰۰۷) مقاله مروری در این حوزه دارند. در این مسائل با استفاده از کاهش هرینه کل با فاصله اقلیدسی در نظر گرفته می شود. سالهی و نگی (۲۰۰۹) از روش ابتکاری برای یافتن مکان‌های چند انبار در فضای پیوسته استفاده کردند.

از سوی دیگر اکثر تحقیقات انجام شده در این حوزه بر روی تنها کاهش هزینه کل بوده است و در واقع فقط یک هدف در آنها بررسی شده است. در این مقاله مدل ارائه شده توسط ال اجداد و همکاران (۲۰۱۱) مورد بررسی قرار گرفته شده است البته تابع هدفی نیز برای کاهش ریسک به آن مدل اضافه شده است. قابل ذکر است که هزینه با توجه به فاصله از مکان انبار و مشتری ها افزایش می یابد ولی ریسک عکس این حالت می باشد یعنی با کاهش فاصله انبار و مشتری ریسک افزایش پیدا می‌کند.

۲. تعریف مسئله

در این مسئله با توجه به دانستن تقاضای هر یک از مشتریان و مکان آنها و همچنین ظرفیت هر یک از وسایل نقلیه به دنبال یافتن مکان مناسب انبار در فضا هستیم تا هزینه کل و ریسک را به حداقل برسانیم. در این مقاله فرض کردیم که انبار محدودیت ندارد و وسایل نقلیه از ظرفیت برابری برخوردارند. ما همچنین فرض کردیم که تاسیس هر انبار هزینه ثابتی نخواهد داشت. مدل زیر بر اساس مدل ال اجداد و همکاران (۲۰۱۱) به نحوی که تابع هدف اول مربوط به ریسک و تابع هدف دوم به هزینه کل اشاره دارد.

جدول ۱ – پارامترها و متغیرهای مسئله

J : مجموعه مشتریان j=1,2,…,n	j∈J : مختصات مشتریان (x_j,y_j)
D_j : تقاضای مشتریان j∈J	Q : بیشترین ظرفیت وسایل نقلیه
O : میزان ریسک حاصل از تاسیس انبار	R_{ij} : ریسک حاصل از طی مسیر i به j
(x_0,y_0) : مختصات انبار	Z_{ijk} = (۰و۱)

$$\min = O + \sum_{i\in J}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K} r_{ij}.z_{ijk}$$

$$\min = \sum_{i\in J}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}\, z_{ijk}$$

$$\sum_{k}\sum_{i\in J} z_{ijk} = 1; \forall j \in J$$

$$\sum_{j\in J} d_j \sum_{i\in J} z_{ijk} \le Q; \forall k \in K$$

$$\sum_{j\in J} z_{ijk} - \sum_{j\in J} z_{jik} = 0; \forall i \in J, k \in K$$

$$\sum_{j\in J} z_{0jk} \le 1; \forall k \in K$$

$$\sum_{k\in K}\sum_{i\in S}\sum_{j\in J\cup S} z_{ijk} \ge 1; \forall S \subseteq J$$

$$z_{ijk} \in \{0,1\}; i, j \in J, k \in K$$

$$(x_0, y_0) \in IR^2$$

۳. روش ترکیبی الگوریتم حرارتی شبیه‌سازی‌شده

الگوریتم حرارتی شبیه سازی شده[1] (SA) در واقع یکی از روش های فراابتکاری است که برای یافتن جواب‌های نزدیک به بهینه می‌باشد. این گونه از روش‌ها به خصوص زمانی که فضای جواب پیچیده است و برای مسائلی که با روش هایی دقیق جواب آنها بدست نمی‌آید کاربرد دارد.

الگوریتم جستجوی ممنوعه[2](TS) یکی دیگر از روش های فراابتکاری است که بر اساس جستجوی محلی در فضای مسئله می‌باشد. این کار باعث جستجو در فضای بیشتری از فضای جواب می باشد که به یافتن جواب های بهتر کمک می‌کند.

۴. روش چندهدفه برای الگوریتم ترکیبی حرارتی شبیه‌سازی شده

جواب مرجع برای مسائل چندهدفه در واقع بهترین حالت موازنه بین توابع هدف می باشد، یک روش برای نشان دادن این جواب‌ها روش پارتو می‌باشد. در این روش نقاط غیرمسلط مشخص می شوند، یک جواب غیر مسلط است اگر نتوان آن را توسط دیگر جواب‌ها کنار زد.

برای عملکرد الگوریتم دو مقیاس زیر را بررسی می‌کنیم.

- **مقیاس همگرایی**: این مقیاس در واقع فاصله جواب پارتو بدست آمده را از جواب درست پارتو بدست می‌آورد. روش های زیادی برای محاسبه این مقیاس وجود دارد در اینجا از روش نرخ خطا[3] (ER) استفاده می کنیم.اگر $A = \{e_1, e_2, \ldots, e_n\}$ باشد آنگاه اگر جواب پارتو درست باشد $e_i=0$ قرار می دهیم و در غیر اینصورت $e_i=1$ است. در اینجا n نشان‌دهنده تعداد جواب های پارتو می‌باشد و هرچه این نرخ کمتر باشد عملکرد ان روش بیشتر است.

$$ER = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i}{n}$$

- **مقیاس پراکندگی**: این مقیاس یک مقیاس برای اندازه‌گیری فاصله بین جواب‌ها در نمودار پارتو است. این مقیاس نیز روش‌های فراوانی برای محاسبه ان دارد در اینجا از روشی به نام مقیاس فاصله[4] (SM) استفاده می‌کنیم.

$$d_i = \min_{j \in NDS \wedge j \neq i} \sum_{k=1}^{K} |f_k^i - f_k^j| \qquad SM = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\bar{d} - d_i)^2}$$

و $\bar{d}$ میانگین تمامی d_i هااست و n تعداد جواب‌های پارتو است و f_k^i مقدار تابع هدف kام را برای جواب iام نشان می‌دهد. مقدار کمتر این مقیاس عملکرد بالاتر را نشان می‌دهد.

۵ . مثال عددی

در جدول۲ مختصات ۷ مشتری و تقاضای آنها و در جدول۳ جوابهای غیر مسلط برای این مثال آورده شده است. در جدول۴ مقیاس ها محاسبه گردیده است.

جدول۲- مختصات مشتریان

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
X	34	29	24	17	8	33	24
Y	31	32	33	29	28	27	25
D	20	20	20	20	20	20	20

جدول۳- جواب های غیر مسلط

تابع هدف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
هزینه	۲۵۷	۲۶۶	۲۸۰	۲۸۲	۲۹۴	۲۹۸	۳۰۸
ریسک	۲۴۵	۲۴۴	۲۳۸	۲۳۶	۲۳۴	۲۳۳	۲۳۱

جدول۴- محاسبه مقیاس ها

مقیاس	ER	SM
مقدار	0.592	0.022

با توجه به جدول بالا می توان دریافت که روش پیشنهادی در هر دو مقیاس عملکرد نسبتاً خوبی دارد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

در این مقاله برای فضای پیوسته مسئله چندهدفه مکان‌یابی – مسیریابی روش ترکیبی از روش‌های فراابتکاری ارائه شد. با روش پیشنهادی که ترکیبی از روشهای عملیات حرارتی شبیه‌سازی شده و جستجوی ممنوعه است استفاده شد. برای تحقیقات آتی می‌توان به (۱) تعیین مکان چند انبار در مسئله ، (۲) استفاده و تعریف چند نوع وسیله نقلیه در مسئله اشاره کرد.

۷ . مراجع

[1] Nagy. G., Salhi. S.” Location-routing: Issues, models and methods”. *European Journal of Operational Research,* vol.177, pp.649–672, Apr.2007.

[2] Salhi S, Nagy G. “Local improvement in planar facility location using vehicle routing”. *Annals of Operations Research*, vol.69, pp.276-287, Apr.2009.

[3] S.M.H Manzour-al-Ajdad, S.A. Torabi, S.Salhi, “A hierarchical algorithm for the planar single-facility location routing problem”, *Computers & Operations Research,* vol.39, pp.461–470, Apr.2011.

[1] Simulated Annealing
[2] Tabu search
[3] Error rate
[4] Space metrics