تدوین الگوریتم پیشنهادی جهت شبیه‌سازی مدل ترافیکی هوشمند خودروهای جمع‌آوری و حمل‌ونقل پسماند

فرهام امین‌شرعی[۱]، فاطمه قنبری[۲]، مسعود منوری[۳]

[۱]عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد

Aminsharei.fa@gmail.com

[۲]کارشناس ارشد مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

[۳]عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

چکیده

یکی از پرهزینه‌ترین بخش‌ها در سیستم یکپارچه مدیریت پسماند بخش جمع‌آوری و حمل‌ونقل پسماندها می‌باشد. بنابراین طراحی شبکه جمع‌آوری و حمل‌ونقل یکی از ضروریات این سیستم محسوب می شود. لازم به ذکر است تاکنون از روش‌های سعی‌وخطا یا آلگوریتم‌های بهینه‌سازی جهت طراحی شبکه جمع‌آوری استفاده شده است. باتوجه به اینکه یکی از متغییرهایی که در این زمینه کاربرد دارد ریخت‌شناسی و شرایط ترافیکی محدوده جمع‌آوری می‌باشد، در این مقاله برای اولین بار تهیه و تدوین آلگوریتم مدل هوشمند ترافیکی جمع‌آوری و حمل‌ونقل پسماندها ارائه می‌شود. این مدل دربرگیرنده سه ماژول ترافیک (شامل عرض و طول معابر، سرعت خودرو)، جمع‌آوری (شامل تعداد مخازن، فرکانس جمع‌آوری، زمان جمع‌آوری، نوع خودرو، ظرفیت خودرو) و نقشه (شامل انواع کاربری‌ها بر اساس نقشه‌های GIS) می‌باشد. این آلگوریتم دارای یک تابع اصلی است که هدف آن رعایت شرایط بهینه جهت حداقل نمودن طول مسیرها، کاهش مصرف انرژی و حفظ بهداشت عمومی محیط‌زیست است. نقاط جمع‌آوری و مسیرهای جمع‌آوری با استفاده از نظریه گراف‌ها پایه‌ریزی می گردد خروجی‌های مدل فوق، می‌تواند شامل یک بسته نرم‌افزاری جهت مسیریابی بهینه خودروهای جمع‌آوری پسماند باشد که در هر محل و موقعیت کاربرد خواهد داشت. همچنین جهت کارآمدتر بودن نوع خودروهای جمع‌آوری، استفاده از سیستم‌های اینترنتی مانند Wifi و WiMAX پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی:

مدل ترافیکی هوشمند، جمع‌آوری، حمل‌ونقل، پسماند، طراحی مسیر، نظریه گراف

۱- مقدمه :

یکی از پارامترهای بسیار مهم در مدیریت پسماندها، موضوع جمع آوری و حمل و نقل آن‌ها در کوتاهترین زمان ممکن می باشد. از اینرو با توجه به اینکه درصد مهمی از هزینه‌های شهرداری در این بخش متحمل می شود نیاز است با توجه به شرایط و پارامترهای ترافیکی منطقه مسیری بهینه انتخاب گردد. بهبود بخشیدن به عملکرد سیستم های جمع‌آوری تاثیر قابل توجهی در کاهش هزینه‌های کلی مدیریت پسماندهای شهری خواهد داشت که این امر می‌تواند از طریق کاهش مسافت‌های طی شده توسط ماشین های جمع‌آوری پسماند که منجر به کاهش هزینه های سوخت مصرفی و استهلاک می شود انجام پذیرد . بطور کلی کاهش مسافت طی شده در فرآیند جمع‌آوری شامل مسایل مسیریابی می‌گردد و با توجه به اینکه ظرفیت ماشین‌های جمع‌آوری پسماند محدود است می‌توان مساله را از نوع مسایل مسیریابی مسیرهای

ظرفیت‌دار دانست. این نوع از مسائل به صورت گرافی شامل مجموعه‌ای از نقاط (نقاط سرویس دهی) و یال های (مسیرها) آن تعریف می‌شوند که یال‌های گراف دارای تقاضا بوده و می‌بایست به گونه‌ای به تقاضای آنها پاسخ داده شود تا مجموع هزینه های پیمایش مسیر حداقل گردد. مدیریت پسماندها نیز به دنبال یافتن مسیرهایی است که تا حد امکان سودآور و کارآ باشند. مدیران در این بخش هم خواستار کاهش هزینه های عملیاتی، شامل هزینه های ثابت وسائط نقلیه، هزینه های متغیر وسائط نقلیه و هزینه های نیروی کار هستند. یکی از راه های کاهش این هزینه ها از طریق کاهش مسافت طی شده توسط این وسائط نقلیه است. این نوع از مسایل در ادبیات غالباً تحت عنوان "مساله های مسیریابی ماشین‌ها معرفی می شوند. در این نوع مسایل با استفاده از بعضی منابع (وسیله نقلیه، زمان، ...) و وجود بعضی محدودیت ها (ظرفیت بار وسیله نقلیه، شیفت های کاری، ...)، ماشین های جمع آوری می‌بایست از یک نقطه شروع کرده و با خدمت دهی در تمام نقاط یا مسیرهای تعیین شده از شبکه و با در نظر گرفتن هدف از پیش تعیین شده (مثل حداقل هزینه یا کوتاهترین مسافت)، در نهایت به نقطه شروع برگردند. این الگوریتم با یافتن مسیرهایی کوتاهتر می تواند به کاهش میزان مصرف سوخت، استهلاک ماشین های جمع آوری و هزینه های نیروی انسانی کمک قابل توجهی نماید که کاهش سوخت مصرفی نیز خود باعث کاهش آلودگی هوا می گردد. پارامترهای جریان ترافیک در دو گروه کلی قابل تقسیم‌بندی هستند پارامترهای ماکروسکوپی که جریان ترافیک را به صورت کلی توضیح می‌دهند و پارامترهای میکروسکوپی که رفتار تک تک خودروها و یا رفتار متعامل زوج خودروها در مسیر را تشریح می‌کند. سه پارامتر ماکروسکوپی اصلی عبارتند از حجم یا میزان ترافیک در جریان ، تراکم. پارامترهای میکروسکوپی نیز شامل، سرعت هر یک از خودروها، مسافت باز پیش روی خودروها (headway) و میزان فضا (Spacing) می باشد.

در زمینه بهینه سازی و مدلسازی مسیرهای حمل خوردو تحقیقات بسیاری انجام شده است. تاوارز و همکاران در سال ۲۰۰۹ بر روی بهینه سازی مسیرهای حمل خودروهای حمل پسماند به منظور کاهش مصرف سوخت انجام شده است. در این تحقیق از مدل سه بعدی GIS استفاده شده است[۳]. مطالعه‌ی دیگری توسط تورس و همکاران در زمینه‌ی طراحی مسیر حرکت خودروهای ویژه حمل پسماند به منظور مدیریت پسماندها در آمریکای لاتین انجام گرفته است[۴]. همچنین مطالعه‌ای در خصوص سیستم‌های جمع‌آوری و حمل‌ونقل پسماند با استفاده از مدل‌های پویا و الگوریتم‌های بهینه‌سازی توسط کوآن لی و همکاران انجام شده است[۵]. در سال ۲۰۱۰ توسط امین شرعی و همکاران مطالعه‌ای در زمینه‌ی تعیین مسیر بهینه‌ی خودروهای حمل پسماند با استفاده از GIS صورت گرفته است[۶]. کاردیماس و همکاران در سال ۲۰۰۷ به بررسی بهینه سازی مسیرهای حمل و نقل خودروها را از طریق الگوریتم کلونی مورچگان پرداختند[۷].

۲- روش بررسی:

الگوریتم پیشنهادی جهت تدوین مدل شبیه سازی ترافیکی هوشمند به طور کلی باید شامل موارد ذیل باید باشد:

۱- زون بندی مخازن بر اساس ظرفیتهای موجود(۶۶۰، ۱۱۰۰ لیتری و غیره)

۲- ترکیب بندی زونها بر اساس ظرفیت خودروهای جمع آوری

۳- تخصیص زون‌های به شیفت‌های جمع‌آوری

۴- فرایند انتخاب و تحلیل کوتاه‌ترین مسیر

۵- پیکر بندی

۶- تولید مدل ترافیکی هوشمند

در ادامه برای شبکه بندی خیابانها و توضیح روابط بین انها از نظریه گرافها استفاده شده است. بر این اساس،شبکه خیابانها گره (node) و لبه (edge) تشکیل شدند. لبه ها و گره ها را به یکدیگر متصل می‌گردد بنابراین اگر بخواهیم یک شبکه با دو خیابان را متصل کنیم که به یکدیگر متصل باشند به ۳ گره و ۲ لبه نیاز داریم[۸,۹,۱۰].

- **گره ها:**

گره ها حاوی دو پارامتر کلیدی طول – عرض جغرافیایی (فاصله تا مبدا به متر) و شناسه: (id) برای دسترسی های بعدی می باشند.

- **لبه ها**

در این مرحله گره ها را باید به لبه ها متصل نمود. بعد از ایجاد گره ها و لبه ها نیاز است که اینها را به یگدیگر متصل نماییم و یک شبکه ایجاد شود. برای این عمل می توان از دستوری به نام netconvert استفاده نمود.

- **مسیرها**

اکنون شبکه ایجاد شده و نیاز است یک خودرو با ظرفیت مشخص انتخاب گردد. جهت انتخاب خودرو نیاز است در طراحی آلگوریتم اولیه جهت دسته بندی زونها و غیره اطلاعاتی مانند جدول ۱- تهیه گردد.

جدول ۱- مشخصات نواحی و زونهای جمع آوری

نام ناحیه	مساحت	درصد مساحت	تعداد مخازن	میزان تقریبی پسماند	جمعیت	شرایط ترافکی محل

لازم به ذکر است با توجه به تجربیات نویسندگان به طور تقریبی فواصل مخازن پسماند ۱۰۰الی ۱۵۰ متری از همدیگر در نظر گرفته شده است. البته جهت دقیق‌تر شدن این موضوع نیاز به بازدید میدانی از محل شایسته است. تا پایان یافتن این مرحله سه گام از آلگوریتم پیشنهادی به اجرا گذاشته شده است.

- **تولید نقشه ها جهت تکمیل گام چهارم آلگوریتم (فرایند انتخاب و تحلیل کوتاهترین مسیر).**

در این مرحله لازم است با توجه به اطلاعاتی که از جدول ۱ بدست آمده است ، تمامی گره ها و لبه ها موجود در ناحیه را شناسایی نموده و برای هر کدام از آنها یک جدول خصیصه ایی تنظیم گردد. این بخش می‌تواند در داخل GIS انجام گیرد. تمامی مشخصاتی که باید در این جدول قرار داده شود در جدول ۲ به اختصار بیان شده است.

جدول۲- جدول خصیصه ای به هر ناحیه جهت تولید نقشه های مسیر

ID ۱.....N	از گره شماره	به گره شماره	اطلاعات ترافیکی محل*	نوع خودرو	سرعت خودرو	میزان مسافت	زمان طی شده	میزان سوخت مصرفی

*: این اطلاعات شامل طول و عرض معبر، وجود خیابانهای یکطرفه و دو طرفه و سایر پارامترهای ترافیکی می باشد[۱].

بعد از تکمیل جداول مربوطه برای هریک از نواحی مرحله پیکر بندی آلگوریتم پیشنهادی آغاز می شود. در این مرحله با توجه به اطلاعاتی که تهیه شده است اطلاعات شبکه ایی برای هریک از نواحی تنظیم شده و نقشه های مربوطه ایجاد می گردد. بعد از تولید نقشه‌ها، گام بعد ، مرحله ایجاد مسیر خودروها می باشد. ورودیهای این بخش با توجه به اطلاعات جدول ۱ که مربوط به اطلاعات پسماندی محل تولید می‌باشد تکمیل و تنظیم می گردد. مسیر حرکت خوروها نیز با توجه به اطلاعات ارایه شده شامل مسیر جریان و فرکانسهای جمع آوری در هر بخش می‌باشد.

- **محاسبه میزان مصرف سوخت(Fuel Consumtion)**

میانگین مصرف سوخت ۰/۱ لیتر در هر کیلومتر حرکت و ۰/۰۰۰۳۳۳ لیتر به ازای هر ثانیه توقف خوروی جمع آوری کننده پسماند محاسبه شده است[۲].

معادله ۱- میزان مصرف سوخت جهت تخلیه مخازن پسماند تولیدی در هر پست برداشت را نشان می دهد. طول یالها (L) و مجموع زمانها ($\sum D$) را نشان می دهد:

$$FD=۰/۱(L)+۰/۰۰۰۳۳۳(\sum D)$$ معادله (۱)

۲-۱- تولید مدل ترافیکی هوشمند

این بخش که شامل تولید مدل ترافیکی هوشمند می باشد با استفاده از تحلیل GIS قابل انجام می باشد.البته نیاز است در این بخش فرمول ریاضی هر یک از توابع ارایه شود تا با توجه به نوع تابع نسبت به تصمیم گیری آنها اقدام شود. در آلگوریتم فرضی ۱ طول کوتاهترین مسیر $L(v)$ از a به z می باشد. (مجموع کمترین وزن یال‌ها). w,a,z,l تعداد گره های فرضی می باشند که بر نامه نویسی برای کوتاهترین مسیر در یک گراف را نشان می دهد. لازم به ذکر است برای تمامی پستهای جمع آوری در یک ناحیه (گره ها) و تمامی مسیرهای موجود با توجه به جداول ۱ و ۲ باید این آلگوریتم نوشته شود و سپس با استفاده از این آلگوریتم در GIS نقشها تولید و مسیرهای مورد نظر که کوتاهترین مسیر موجود می باشند انتخاب می گردد.

```
Procedure  (w,a,z,l)
L(a):=۰
For all vertices x≠ a do
L(x):=∞
T:=set  For all vertices
//t is the srt of vertices whoose shorttest // distance from has not been found
While z€ T do
Begin
Chose v € T do
```

T:=T-{v}

For each x€ T adjacement to v do

L(x):=min{L(x).L(V)+W(V,X)}

end

آلگوریتم ۱- انتخاب کوتاهترین مسیر از راس a به راس z در یگ گراف فرضی

۳- نتیجه گیری :

استفاده از الگوریتم های یافتن کوتاه‌ترین مسیر از جنبه مدیریتی در مباحث ملی و هزینه ای مدیریت پسماند از اهمیت بسزایی برخوردار است. دسترسی سریع به اطلاعات محیطی و وضع موجود پسماندها و استفاده از ابزارهای تحلیلی مناسب و نمایش سریع به صورت نقشه‌های تولیدی از مزایای استفاده از الگوریتم هوشمند پیشنهادی می‌باشد. همچنین استفاده از این مدل، تصمیم‌گیری را برای مدیران اجرایی در سازمان مدیریت پسماند راحت تر و میزان هزینه ها را در این بخش به حداقل کاهش خواهد داد. از مزیت‌های دیگر این مدل، قابلیت تبدیل شدن به یک نرم افزار قدرتمند می باشد. از تسهیلات دیگر این نرم افزار می توان به تهیه داده های به‌هنگام و ایجاد یک پایگاه دادهایی مناسب اشاره نمود.

منابع:

[۱] منوری، مسعود، امین شرعی، فرهام.، مدیریت و طراحی جمع‌آوری پسماندهای شهری، ۱۳۸۸. انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.

[۲] جبارزاده، مسعود، نقش IT در کاهش مصرف سوخت و انتشار آلاینده ها، سومین کنفرانس منطقه ایی مدیریت ترافیک، تهران، آبان ۱۳۸۵

[۳] Tavares, G., Zsigraiova, Z., . Semiao, V., Carvalho, M.G., Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using ۳D GIS modeling. Waste Management. ۲۰۰۹. (۲۹)۱۱۷٦–۱۱۸٥.

[٤] Torres, O.A., Robust, F., A Continuous Approximation Model for Vehicle Routing in Solid Waste Management Systems. ۱۹۹۹. ۸(۱-۳).

[٥] Quan Li, J., Borenstein, D., Mirchandani, P., Truck scheduling for solidwaste collection in the City of Porto Alegre, Brazil. International Journal of management science. ۲۰۰٦;۱-۱۷.

[٦] AminSharee, F., Ghanbari, F., Monavari, M., Using of GIS in Optimization of Municipal Solid Waste Collection and Routing, Case Study: Andisheh New Town, Iran. International Conference on Environmental Science and Development. Singapore. ۲۰۱۰. ISBN ۹۷۸-۱-۸٤٦۲٦-۰۲٤-۷

[۷] Karadimas N.V., et al, Urban Solid Waste Collection and Routing: The Ant Colony Strategic Approch, I.J. of SIMULATION. ۲۰۰۷.٦(۱۲-۱۳).

[۸] Ombuki.B.,Ross.B.J., Multy- Objective Genetic Algorithn for Vehicle Routing with time windows,Applied Intelligence. ۲۰۰٦.۲٤(۱۷-۳۰).

[۹] Ryan.D.M., Hjorring,C., Glover.F. Extensions of the Petal Method for Vehicle Routing. Jornal of the operational research sosiety. ۲۰۰۳. ۲۸۹-۲۹٦.

[۱۰] Byung, k., Waste collection vehicle routing problem with time windows. Computer and operations research ۳۳(۲۰۰٦) ۳٦۲٤-۳٦٤۲.