

طرح مکانیزم‌های تصمیم‌گیری در مورد تعویض یا تعمیر اتوبوس‌های شهری بر پایه عامل‌های هوشمند

عیسی نخعی کمال‌آبادی^۱، جعفر حیدری^۲

خلاصه

یکی از اهداف اصلی سازمان‌های متولی حمل و نقل شهری، ایجاد سیستمی به منظور پاسخگویی به نیازهای حمل و نقل با کارایی بالا و هزینه کم می‌باشد. در این راستا استفاده از مدل‌های تعیین عمر اقتصادی و تصمیم‌گیری در مورد تعویض یا تعمیر ناوگان اتوبوسرانی می‌تواند مبنای سیاست‌گذاری این سازمان‌ها در قبال این هدف باشد. این مقاله با ارائه یک معماری برای عامل‌های هوشمند تصمیم‌گیرنده در این باره و تعیین روابط ریاضی مناسب، در راستای رسیدن به چنین هدفی انجام شده است. در ابتدا مدل عمر اقتصادی تشریح می‌گردد و سپس معماری عامل هوشمند به نحوی که این مدل را با استفاده از سیستم‌های یادگیرنده و ارتباطی خود با محیط و سایر عامل‌ها پیاده‌سازی نماید، تشریح می‌گردد. فرآیند یادگیری عامل هوشمند تعیین عمر اقتصادی در ارتباط با تخمین توابع کاربری اتوبوس‌ها و استفاده از این تخمین در مدل عمر اقتصادی می‌باشد. یک مساله فرضی شامل ناوگان ۲۰۰۰ اتوبوس که تقاضای ۸۰ میلیون کیلومتری سالانه را می‌بایست برآورده نمایند، به منظور فهم بیشتر مدل در نظر گرفته شده است؛ نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از این مدل به نحوی کارا، باعث کاهش هزینه‌ها می‌گردد.

کلمات کلیدی: مدل عمر اقتصادی - عامل هوشمند - اتوبوس شهری - تصمیم‌گیری

مقدمه

یکی از مهمترین اهداف سازمان‌های متولی امور شهری، حمل و نقل شهری که دارای کارایی بالا بوده و منجر به کاهش ترافیک گردد، می‌باشد. کاملاً واضح است که یکی از بهترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های حمل و نقل این‌چنینی، استفاده از اتوبوس‌های شهری است. استفاده از حداکثر کارایی اتوبوس‌ها به نحوی که پاسخگوی

نیازهای حمل و نقل شهری باشد، با تعیین عمر اقتصادی این وسایل حمل و نقل و تعیین مدلی در مورد تعمیر یا تعویض آنها ممکن می‌گردد.

هدف از این مقاله ارایه روشی به منظور بررسی تعویض یا تعمیر اتوبوس‌های شهری بر مبنای یک سیستم تصمیم‌گیرنده است که توسط عامل‌های هوشمند^۱ هدایت می‌گردد. یک عامل هوشمند یک جزء تصمیم‌گیرنده است که خود با تعامل با محیط و سایر عامل‌ها، داده‌های لازم را بدست آورده پردازش می‌نماید، به مرور زمان یاد می‌گیرد و در نهایت تصمیم‌گیری می‌کند.

در حقیقت این مقاله نشان می‌دهد که چگونه مدل اقتصادی تعویض تجهیزات با کمی تغییر و اصلاح قادر به تعیین عمر اقتصادی اتوبوس‌های شهری به منظور استفاده بهینه از سرمایه و جوابگویی به نیازهای حمل و نقل درون شهری می‌باشد.

به منظور فهم بیشتر مدل، یک نمونه فرضی شامل ۲۰۰۰ اتوبوس که فراهم کننده وسیله حمل و نقل برای حدود ۲ میلیون نفر است، آورده شده است. شایان ذکر است به منظور حمل و نقل این تعداد مسافر اتوبوس‌ها می‌بایست سالانه حدود ۸۰ میلیون کیلومتر را طی نمایند.

در این مقاله به منظور ساده‌سازی مدل، سایر فاکتورهای تاثیرگذار بر مساله جایگزینی اتوبوس‌ها از قبیل محیط زیست که باعث می‌گردد بسیاری از اتوبوس‌ها قبل از مدت عمر اقتصادی خود از رده خارج شوند، در نظر گرفته نشده است.

تحلیل فعالیت و هزینه‌های نگهداری اتوبوس‌ها به منظور تعیین عمر اقتصادی ناوگان اتوبوس‌رانی و تعیین یک سیاست پایدار به منظور تعویض ناوگان با استفاده از عامل‌های هوشمند تصمیم‌گیرنده نتیجه اصلی این مقاله است. منظور از سیاست پایدار جایگزینی، تعیین تعداد اتوبوس‌هایی است که بر طبق عمر اقتصادی خود به طور سالیانه می‌بایست از رده خارج شوند. به عنوان نمونه جدول زیر نشان‌دهنده تعداد مناسب جایگزینی در سالهای مختلف طول عمر لازم می‌باشد.

→ تعداد کل اتوبوس‌ها			
↓ عمر جایگزینی (سال)	۵۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰
۲۰	۲۵۰	۱۰۰	۵۰
۱۸	۲۷۸	۱۱۱	۵۶
۱۵	۳۳۳	۱۳۳	۶۷
۱۲	۴۱۷	۱۶۷	۸۳
۱۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰

جدول ۱- تعداد اتوبوسهایی که بر طبق عمر اقتصادی در هر سال می‌بایست جایگزین گردند.

^۱ Intelligent Agent

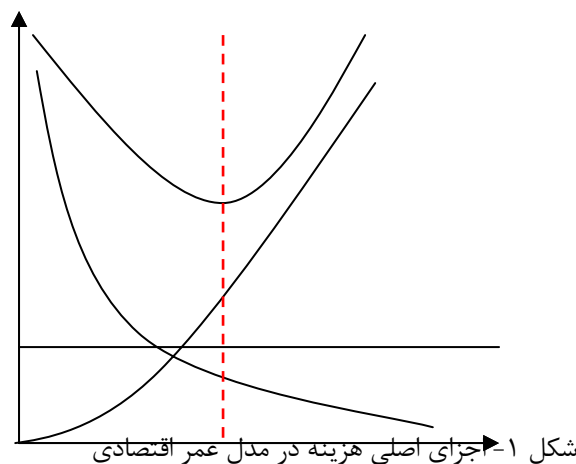
به عنوان مثال در ناوگانی که شامل ۵۰۰۰ اتوبوس است که عمر اقتصادی اتوبوس‌ها نیز ۲۰ سال است یک سیاست پایدار جایگزینی عبارتست از تعویض سالیانه $250 = 5000 / 20$ اتوبوس. به عبارت دیگر هر سال ۲۵۰ اتوبوس جدید به سیستم اضافه شده و در اثناء آن ۲۵۰ اتوبوس از سیستم خارج می‌گردد. یک سیاست جایگزینی پایدار نشان‌دهنده این مطلب است که در چه موقعیتی یک قسمت ثابت از ناوگان بر پایه یک برنامه از پیش تعیین شده سالانه می‌بایست تعویض گردد به نحوی که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد.

مدل عمر اقتصادی^۱

اجزای اصلی هزینه در مدل عمر اقتصادی تجهیزات عبارتند از (Leung, Tanchoco, 1990):

- هزینه‌های نگهداری و تعمیرات
- هزینه‌های عملیاتی
- هزینه‌های ثابت
- هزینه‌های مالکیت

شکل ۱ نشان‌دهنده تعامل بین اجزای اصلی هزینه در مدل عمر اقتصادی به منظور جایگزینی تجهیزات سرمایه‌ای است. محور افقی نشان‌دهنده عمر جایگزینی اتوبوس و محور عمودی نشان‌دهنده هزینه‌های سالانه است.



از لحاظ ریاضی مدل استاندارد عمر اقتصادی را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

¹ Economic Life Model

$$T(n) = \frac{A + C_1 + \sum_{i=2}^n C_i r^{i-1} - S_n r^n}{1 - r^n} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن:

A: هزینه اولیه است.

C_1 : هزینه‌های نگهداری و عملیات یک اتوبوس در سال اول عمر آن

C_i : هزینه‌های نگهداری و عملیات یک اتوبوس در i امین سال عمر آن

r : نرخ تنزیل

S_n : ارزش فروش مجدد اتوبوسی که n سال عمر دارد.

n : عمر جایگزینی

$T(n)$: هزینه مرکب شده برای عمر جایگزینی n

توجه شود که محاسبه هزینه با توجه به ارزش زمانی پول و با نرخ تنزیل r انجام می‌شود که عامل هوشمند اطلاعات مربوط به این نرخ را از محیط و با توجه به شرایط اقتصادی دریافت می‌نماید.

هزینه کل تنزیل یافته می‌تواند به هزینه معادل سالیانه^۱ تبدیل گردد. این کار با ضرب $T(n)$ در فاکتور بازیابی سرمایه قابل انجام است. توجه گردد که:

$$r = \frac{1}{1 + i}$$

شایان ذکر است که رابطه بدست آمده قسمت اصلی محاسباتی عامل هوشمند ارایه شده در این مقاله را تشکیل می‌دهد ولی با این حال عوامل بیرونی دیگری نیز بر سیستم محاسبه عامل تاثیرگذارند مانند: بودجه، اهداف کلان سیستم، مباحث زیست محیطی، تعویض اتوبوس‌های گازوئیل سوز با گازسوز و مانند آن. اما در این مقاله فقط تاکید بر جنبه اقتصادی با توجه به مدل عمر اقتصادی می‌باشد و از پرداختن به سایر جنبه‌های تاثیرگذار به منظور ساده‌سازی مدل پیشنهادی، خودداری شده است.

¹ Equivalent annual cost (EAC)

خصوصیات عامل هوشمند تصمیم گیرنده

عامل‌های هوشمند در تعیین عمر اقتصادی می‌بایست حداقل ۳ خصوصیت را دارا باشند: خودمختاری^۱، تاثیرمتقابل^۲ و سازگاری^۳ (Object Management Group, 2000). در ادامه این سه خصوصیت اصلی عامل‌های هوشمند مورد بررسی قرار می‌گیرند:

خودمختاری: توانایی انجام فعالیت‌ها بدون مداخله مستقیم خارجی که نشان‌دهنده سطحی از کنترل روی حالت داخلی خود و اعمال مبتنی بر تجربیات شخصی است. عامل هوشمند با توجه به عوامل تاثیرگذار و مبتنی بر سیستم عقلی که در آن نهفته است تصمیم‌گیری می‌نماید ولی این خصوصیت باعث می‌شود که عامل در نهایت خود تصمیم بگیرد.

تاثیرمتقابل: این خصوصیت باعث می‌شود که عامل با سایر عامل‌ها و همچنین محیط خود ارتباط برقرار نموده و بتواند اطلاعات مورد نیاز خود برای تصمیم‌گیری را از محیط و سایر عامل‌ها کسب نموده و بر روی سایر عامل‌های سیستم نیز تاثیر بگذارد. این خصوصیت موجب می‌گردد که بین عامل‌ها و محیط تعامل ایجاد گردد و در نتیجه اطلاعات مورد نیاز یک عامل برای تصمیم‌گیری دریافت شده و همچنین اطلاعات مورد نیاز سایر اجزای سیستم نیز در اختیار آنها قرار گیرد.

سازگاری: توانایی نشان دادن عکس‌العمل نسبت به سایر عامل‌ها و محیط است که شکل تکامل یافته‌تری از آن به عامل اجازه می‌دهد تا رفتارش را مطابق با تجربیاتش اصلاح کرده و یا اینکه به اصطلاح یاد بگیرد. این خصوصیت باعث می‌شود که عامل با توجه به تجربیاتش در راستای رسیدن به جواب بهینه حرکت نماید. در حقیقت سه مشخصه ذکر شده تنها مربوط به عامل‌های تعیین‌کننده عمر اقتصادی نیست و شامل همه عامل‌های هوشمند در حوزه‌های مختلف است.

معماری عامل هوشمند در تعیین عمر اقتصادی

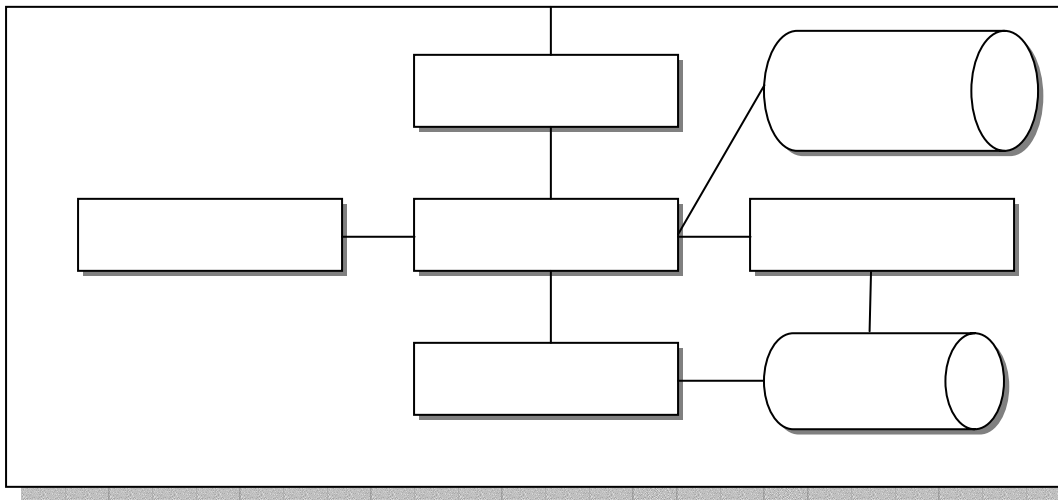
اصولا عامل‌های هوشمند نیازمند تعریف اصول و قواعدی هستند که تشکیل دهنده دانش آنهاست و پس از آن با استفاده از سیستم‌های یادگیرنده‌ای که در آنها وجود دارد این پایگاه دانش وسعت داده می‌شود (Qiao, 2000). ارتباطات بین اجزای داخلی یک عامل در شکل ۲ نشان داده شده است.

معماری عامل‌ها برای فعالیت در سیستم تصمیم‌گیری به صورت شکل ۲ قابل آرایه است (Wang, Liu, 2002).

¹ autonomous

² interactive

³ adaptive



شکل ۲- معماری داخلی یک عامل

همانطور که در شکل نشان داده شده است در این معماری عامل‌ها دارای ۷ جز اصلی هستند: پایگاه داده که علاوه بر یک سری اطلاعات ضروری، اهداف سیستم نیز در آن جای می‌گیرند، پایگاه دانش که در شکل نشان داده شده است و شامل لیستی از قواعد، اصول و روشها است. کنترل کننده تمام فعالیت‌های عامل را تحت نظر دارد. از طرفی بخش تعامل با محیط اطراف و سایر عامل‌ها نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چراکه اطلاعات بیرونی را دریافت نموده و همچنین نتایج حاصل شده از فعالیت عامل را نیز منتشر می‌سازد. سیستم تعقل عامل نیز به طور مستقیم با پایگاه دانش در ارتباط بوده و کلیه فعالیت‌های منطقی سیستم را انجام می‌دهد. اعمال محاسباتی عامل نیز در سیستم محاسبات آن انجام می‌گردد، خروجی‌ها موجب غنی‌سازی پایگاه دانش شده و همچنین توسط سیستم تعاملی عامل منتشر می‌گردند. پایگاه دانش یک عامل هوشمند، توانایی توسعه یافتن و تکمیل شدن بوسیله مکانیزم‌های یادگیری را دارا می‌باشد (Huang, Nof, 2002). به طور خلاصه یک عامل توانایی فعالیت خودکار و بهبود خود را دارا بوده و می‌تواند کل فرآیند تصمیم‌گیری را بوسیله بهبود خود به سمت بهینه شدن حرکت دهد.

فرآیندهای تصمیم‌گیری عامل هوشمند

در مجموع کل فرآیندهای انجام شده توسط عامل تصمیم‌گیرنده را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- تخمین روندها
- انجام محاسبات
- تصمیم‌گیری
- به روزآوری پایگاه دانش

- یادگیری از تجربیات گذشته در مورد تخمین روندها و همچنین تصمیم‌گیری
- تعامل با سایر عامل‌ها و محیط

این فرآیندها در مورد تصمیم‌گیری درباره تعمیر یا تعویض اتوبوس‌ها و همچنین تعیین عمر اقتصادی به صورت فعالیت‌هایی که در ادامه خواهد آمد، نمود پیدا می‌کند.

محاسبه ارزش فروش مجدد اتوبوس‌ها:

این محاسبه با توجه به داده‌هایی که در پایگاه داده عامل وجود دارد و در هر دوره زمانی به روز می‌گردد و همچنین روش‌های محاسبه‌ای که در پایگاه دانش عامل قرار داده شده است، قابل انجام می‌باشد. اطلاعاتی که برای انجام چنین محاسبه‌ای نیاز است عمدتاً با توجه به شرایط اقتصادی و بازار قابل حصول است. عملیات ریاضی لازم در سیستم محاسباتی عامل انجام می‌گردد. فرض کنید سیاست فعلی شهرداری، جایگزینی اتوبوس‌ها در دوره‌های ۲۰ ساله است و پس از ۲۰ سال قیمت فروش یک اتوبوس ۲۰۰ میلیون ریال است.

جالب توجه است که قیمت فروش مجدد اتوبوس با استفاده از داده‌هایی که تماماً از بازار دریافت می‌گردد تعیین می‌شود و بنابراین نامعینی‌های بسیاری در آن وجود دارند؛ بنابراین نمی‌توان برنامه از پیش تعیین شده‌ای به طور قطعی برای آن در نظر گرفت. به عنوان مثال در شرایط اخیر ایران این احتمال بسیار بالاست که قیمت فروش مجدد اتوبوس بسیار بالاتر از قیمت خرید آن در سالیان گذشته باشد که از لحاظ محاسبات اقتصادی و ریاضی قابل توجیه نیست ولی بازار این مطلب را توجیه می‌نماید.

روش‌های مختلفی به منظور محاسبه قیمت اسقاطی وجود دارد که همگی آنها می‌بایست در پایگاه دانش عامل وجود داشته باشند تا در صورت لزوم و بنابر سیاست‌های خاصی که شرایط محیطی به عامل تحمیل می‌نماید مورد استفاده قرار گیرند.

محاسبه میزان بکارگیری اتوبوس‌های درون شهری

شکل ۳ نشان دهنده روند منطقی ارتباط بین میزان بکارگیری اتوبوس (کیلومتر بر سال) و عمر اتوبوس است. دلیل انتخاب روند نزولی بین جدید بودن اتوبوس و میزان بکارگیری اتوبوس در آن است که اتوبوس‌های جدید میزان کاربری بالایی به منظور ارضای نیازهای حمل و نقل شهری دارند در حالیکه اتوبوس‌های قدیمی می‌بایست به منظور جوابگویی در ساعات اوج تقاضا و یا در مورد رویدادهای خاص مانند انتقال تماشاچیان مسابقات فوتبال مورد استفاده قرار گیرند. سیاست پیشنهاد شده منجر به کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات اتوبوس‌های با عمر بالا می‌شود چراکه میزان بکارگیری آنها را به طرز قابل توجهی کاهش می‌دهد. در ادامه چگونگی تخمین این نمودار و روابط ریاضی که منجر به محاسبه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات می‌شود خواهد آمد.

تخمین نمودار روند بکارگیری اتوبوس:

یکی از مکانیزم‌های یادگیری عامل معرفی شده در بخش قبل، عمدتاً شامل تخمین نمودار روند بکارگیری اتوبوس‌ها می‌باشد. این نمودار به منظور محاسبه هزینه نگهداری و تعمیر برای بکارگیری در مدل عمر اقتصادی بکار می‌رود. در صورتی که سیاست فعلی جایگزینی اتوبوس‌ها در چرخه ۲۰ ساله در نظر گرفته شود، در حالت پایدار این نتیجه منطقی است که $2000/20=100$ اتوبوس باید به طور سالیانه تعویض گردند (با توجه به جدول ۱). کل مسافت طی شده توسط این ۱۰۰ دستگاه اتوبوس جدید در طی اولین سال عمر آنها با توجه به نمودار روند بکارگیری اتوبوس عبارتست از:

$$W_x = \int_0^{100} Y dx = 8636059 \text{ kilometer} = 86361 \text{ km / bus} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن :

Y : تابع بکارگیری اتوبوس شماره X است (تابعی از مقدار X است).^۱

X : شماره اتوبوس که معرف میزان نو یا کهنه بودن آن است.

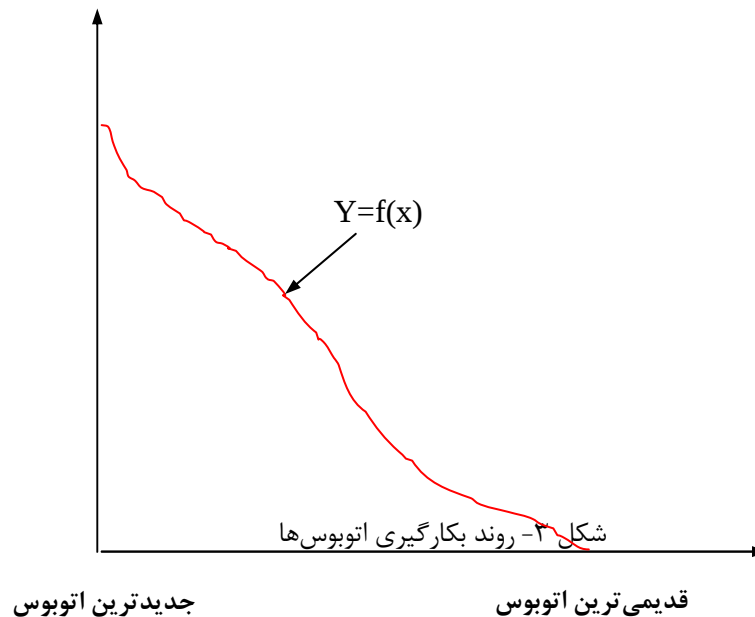
W_x : مسافت طی شده توسط اتوبوس شماره X .

توجه شود همانطور که در نمودار ۳ نشان داده شده است، در صورتی که کل اتوبوس‌ها از ۰ تا ۲۰۰۰ به ترتیب شماره‌گذاری گردند، اتوبوس شماره ۰ نشانگر جدیدترین اتوبوس و اتوبوس شماره ۲۰۰۰ نشانگر قدیمی ترین اتوبوس است. این سیستم کدگذاری به عامل این اجازه را می‌دهد که اتوبوس‌های جدید و کهنه را از یکدیگر تشخیص دهد.

به عنوان مثال همانطور که در بالا فرض گردید، اگر سیاست پایدار جایگزینی، به صورت تعویض سالانه ۱۰۰ اتوبوس باشد این مطلب نشانگر این است که اتوبوس‌ها از لحاظ عمر (نو یا کهنه بودن) در دسته‌های ۱۰۰ تایی تقسیم‌بندی می‌شوند. بنابراین کرانه‌های انتگرال بالا بین ۰ و ۱۰۰ تعیین گردید تا بدین وسیله بتوان میزان بکارگیری اتوبوس‌های مشابه در اولین سال عمرشان را محاسبه نمود.

به طور مشابه برای ۱۰۰ اتوبوسی که سال دوم عمرشان را می‌گذرانند میزان بکارگیری سالانه به راحتی قابل محاسبه می‌باشد که عبارت است از انتگرال تابع بکارگیری (Y) بر روی بازه ۱۰۰ و ۲۰۰ که نشان‌دهنده دسته اتوبوس‌های مشابه در سال دوم عمرشان است، این مقدار با توجه به تابع بکارگیری فرضی استفاده شده در این

مقاله ۷۸۰۹۳ کیلومتر بدست خواهد آمد. به همین صورت میزان بکارگیری سالانه برای اتوبوس‌ها در سومین، چهارمین و ... تا بیستمین سال عمر با جمع کردن روند سالانه میزان بکارگیری‌ها قابل محاسبه است.



محاسبه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات:

هزینه‌های نگهداری و عملیاتی متأثر از عمر اتوبوس و بکارگیری تجمعی آن است. اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات در ۴ دسته قابل تقسیم‌بندی است: روغنکاری، لاستیک، روغن و قطعات. با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از اتوبوس‌ها با میانگین عمرهای متفاوت تابع نرخ هزینه‌های نگهداری و عملیاتی به صورت زیر تخمین زده شده است:

$$c(k) = 0.302 + 0.723(k/10^6)^2 \quad (\text{رابطه ۳})$$

ضرایب این معادله با توجه به عملکرد سیستم‌های اتوبوس‌رانی در کشورهای دیگر تخمین زده شده‌اند و می‌توانیم با کمک عامل هوشمند و سیستم ثبت اطلاعات پیشنهاد شده در این مقاله آنها را مطابق نیازهای کشورمان به‌نگام نماییم.

که در آن :

k : مسافت طی شده بوسیله اتوبوس بر حسب کیلومتر

$c(k)$: نرخ هزینه‌های نگهداری و عملیاتی بر حسب هزارریال بر کیلومتر برای اتوبوسی با کارکرد k کیلومتر.

تخمین تابع $C(k)$ توسط عامل هوشمند و با استفاده از اطلاعاتی مشابه با ساختار جدول ۲ که از محیط دریافت می‌گردد، محاسبه می‌شود. البته توجه شود که برای محاسبه تابع $C(k)$ که نشان‌دهنده روند افزایشی هزینه‌های نگهداری و تعمیرات بر حسب کارکرد اتوبوس است، مقادیر هزینه‌های نگهداری و تعمیرات در بازه‌های کوچکتری (به عنوان مثال هر ۱۰۰۰ کیلومتر) باید در نظر گرفته شود که از آوردن این اطلاعات در این مقاله به دلیل حجم بالا صرف‌نظر شده است.

هزینه‌های نگهداری و تعمیرات سالانه هر اتوبوس بر حسب ریال (C_i)	کارکرد تجمعی (کیلومتر)	کارکرد سالانه (کیلومتر)	شماره سال عمر (i)
۲۶۲۳۶۲۵۰	۸۶۳۶۱	۸۶۳۶۱	۱
۲۴۴۹۷۸۵۰	۱۶۴۴۴۵	۷۸۰۹۳	۲

جدول ۲- ساختار داده‌های جمع‌آوری شده توسط عامل به منظور محاسبه تابع هزینه‌های نگهداری و تعمیرات

توجه شود با توجه به اطلاعات فرضی آورده شده در جدول بالا هزینه‌های نگهداری و تعمیرات سالیانه در سال دوم کمتر از سال اول است که بسیار جالب توجه است. دلیل این مطلب در این است که میزان بکارگیری اتوبوس در سال دوم نسبت به سال اول کاهش داشته است و بنابراین با اینکه نرخ هزینه‌های نگهداری و تعمیرات بالا رفته است ولی هزینه کلی سالانه کاهش یافته است.

در نهایت با محاسبه مجموع تابع نرخ هزینه‌های نگهداری و تعمیرات بر روی مسافت طی شده توسط اتوبوس‌های با عمر مشابه می‌توان هزینه نگهداری و تعمیرات را محاسبه نمود.

در حقیقت تبدیل میزان بکارگیری سالانه به هزینه سالانه، با جمع کردن نرخ هزینه نگهداری و عملیاتی ($C(k)$) روی دامنه بکارگیری مربوطه بدست می‌آید. بنابراین برای یک اتوبوس در اولین سال عمرش هزینه‌های نگهداری و عملیاتی با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از اتوبوس‌ها با میانگین عمرهای متفاوت به صورت زیر تخمین زده شده است:

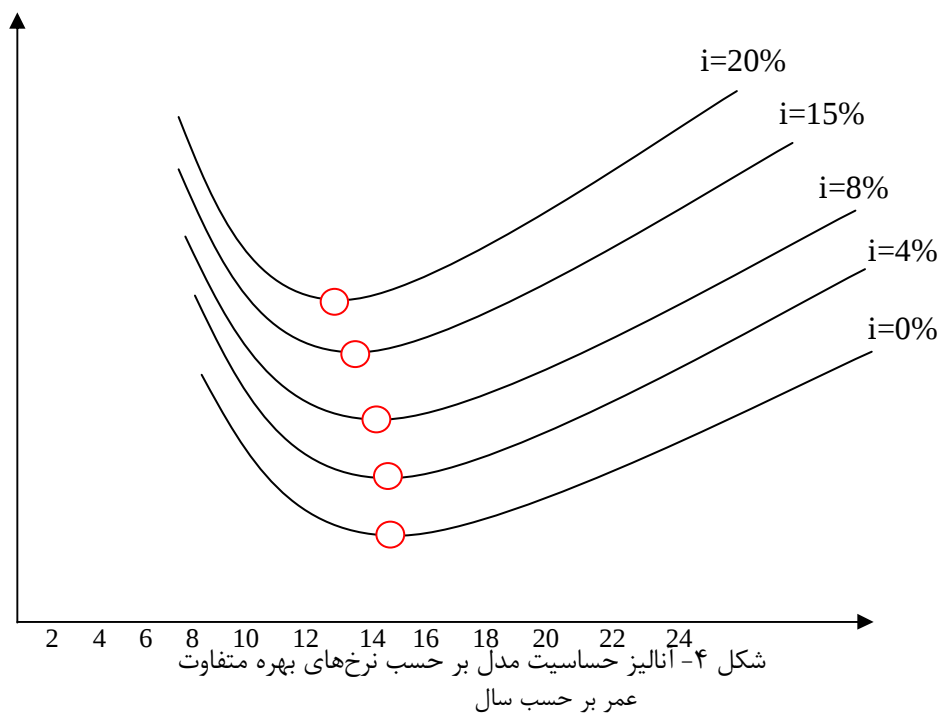
$$C_1 = \int_0^{86361} [0.302 + 0.723(\frac{k}{10^6})^2] dk \quad (\text{رابطه ۴})$$

در حقیقت در رابطه محاسبه هزینه نگهداری و تعمیرات یک اتوبوس در سال اول عمر آن است چراکه کران‌های انتگرال بین ۰ تا ۸۶۳۶۱ که میزان بکارگیری یک اتوبوس در سال اول عمر آن است در نظر گرفته

شده است (به رابطه ۲ مراجعه کنید). با تعویض کرانه‌های انتگرال می‌توان میزان هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را برای بقیه سالهای عمر اتوبوس محاسبه نمود.

اگر عمر جایگزینی اقتصادی یک اتوبوس ۲۰ سال در نظر گرفته شود، $T(20)$ (رابطه ۱ را ببینید) با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده و نتایج محاسبات هزینه‌های نگهداری و تعمیرات سالانه قابل محاسبه است. به طور مشابه هزینه‌های نگهداری و عملیاتی برای بقیه ۱۹ سال محاسبه می‌شود و در مدل عمر اقتصادی وارد شده و در نتیجه $T(20)$ قابل محاسبه است. در نهایت کل فرآیند علاوه بر عمر جایگزینی ۲۰ ساله مجدداً برای سایر عمرهای جایگزینی تکرار گردیده است تا مقدار بهینه عمر جایگزینی (n) مشخص شود.

به منظور آنالیز حساسیت سیستم نسبت به مقادیر مختلف نرخ بهره (Kobbacy, Nicol, 1994)، مدل با نرخ بهره‌های مختلف اجرا شده است. شکل ۴ نشان‌دهنده نتایج در حالتی است که i از صفر تا ۲۰٪ تغییر نماید. محور افقی این نمودار عمر جایگزینی اتوبوس (n) بر حسب سال است و نشان می‌دهد که عمر جایگزینی حدود ۱۲ تا ۱۶ سال (بر حسب نرخ بهره‌های متفاوت) بهترین زمان برای تعویض اتوبوس‌هاست.



در نهایت مراحل فعالیت‌های عامل هوشمند در جهت محاسبه عمر اقتصادی اتوبوس‌های شهری را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

مرحله ۱ - اطلاعات اولیه شامل قیمت اولیه، نرخ بهره، میزان بکارگیری اتوبوس‌ها، هزینه‌های نگهداری و تعمیرات سالانه و ... از محیط دریافت می‌شود.

مرحله ۲ - محاسبات مربوط به محاسبه طول عمر اقتصادی

- ارزش فروش مجدد در سال‌های مختلف طول عمر با توجه به عوامل تاثیرگذار محاسبه شود. توجه شود که روابط لازم برای محاسبه ارزش فروش مجدد در پایگاه دانش عامل قرار داده شود.

- میزان بکارگیری اتوبوس‌ها بر حسب طول عمرشان با استفاده از داده‌های محیط محاسبه شود. سیاست پیشنهاد شده به منظور بکارگیری اتوبوس‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است

- میزان مسافت طی شده توسط هر دسته از اتوبوس‌های با عمر مشابه در سالهای مختلف عمرشان محاسبه شود. (رابطه ۲)

- تابع نرخ هزینه‌های نگهداری و تعمیرات ($c(k)$) بر حسب مسافت طی شده توسط اتوبوس (k) با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده محاسبه شود (رابطه ۳).

- با انتگرال‌گیری از تابع نرخ هزینه‌های نگهداری و تعمیرات بر روی دامنه بکارگیری مربوطه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات سالانه محاسبه شود. (رابطه ۴ را ببینید)

- طول عمر اقتصادی با محاسبه مقدار تابع رابطه ۱ برای سال‌های مختلف و تعیین مقدار حداقل آن انتخاب گردد.

- نتایج نسبت به اهداف سیستم سنجیده شود و اصلاحات لازم صورت گیرد.

- آنالیز حساسیت نسبت به پارامترهای مساله مانند نرخ بهره انجام گردد تا از اطلاعات آن در صورت لزوم به منظور پیش‌بینی استفاده شود.

- عامل به‌طور کاملاً خودمختارانه و با توجه به کلیه فاکتورهای موجود تصمیم‌گیری را انجام دهد.

مرحله ۳ - پایگاه دانش عامل به روز شود. مواردی که می‌بایست در پایگاه دانش عامل قرار گیرد شامل رویه‌های محاسبه ارزش فروش مجدد، رویه‌های تخمین میزان بکارگیری و نرخ هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، رویه‌های محاسبه پارامترهای بیرونی تاثیرگذار و

مرحله ۴- اطلاعات جمع‌آوری شده و محاسبه شده منظور استفاده در دوره‌های آینده در پایگاه داده عامل ذخیره شود.

مرحله ۵- نتایج بدست آمده از طریق قسمت تعامل با محیط به منظور استفاده سایر بخش‌های سیستم منتشر گردد.

نتیجه

در این مقاله یک مدل عمر اقتصادی برای تعویض اتوبوس‌های شهری بر پایه تصمیم‌گیری بر اساس هزینه مطرح گردید. مدل مطرح شده در قالب یک سیستم بر اساس عامل‌های هوشمند تدوین و با استفاده از داده‌های فرضی بدست آمده از موارد مشابه اجرا گردید. گرچه این مدل تصمیم‌گیری فقط بر پایه داده‌های هزینه‌ای مطرح گردیده است ولی با توجه به توانایی‌های عامل هوشمند ارایه شده امکان توجه به سایر عوامل مرتبط و تاثیرگذار بر تصمیم‌گیری از قبیل بودجه، اهداف کلان سیستم، مباحث زیست محیطی نیز به آسانی ممکن است که انجام آن به تحقیقات آتی موکول شده است. همچنین امکان تکمیل این تحقیق با افزودن مکانیزمی جهت تعیین تعداد اتوبوس‌های لازم برای برآوردن تقاضای حمل و نقل وجود دارد که این مقدار در این مقاله دانسته شده فرض شده است در صورتی که در شهری مانند تهران که در حال گسترش است ثابت فرض کردن نیاز به اتوبوس تا حدی دقت لازم را ندارد که در تحقیق بعدی به این مساله خواهیم پرداخت.

مراجع و منابع

- Bing Qiao, Jianying Zhu (2000). Agent-Based Intelligent Manufacturing System for the 21st Century. *Chinese National Science Foundation under grant contract no. 59990470*.
- Chin-Yin Huang, Shimon Y Nof (2002). Evaluation of agent-based manufacturing systems based on a parallel simulator. *Computer & Industrial Engineering* 43(529-552)
- K A H Kobbacy, S D Nicol(1994). Sensitivity analysis of rent replacement models. *International Journal of Production Economics* 36: 267-279.
- L C Leung, J M A Tanchoco(1990). Multiple machine replacement analysis. *Engineering Costs and Production Economics* 20: 265-275.
- Object Management Group. Agent Working Group(2000). Agent Technology Green Paper.
- S L Wang, H Xia, F Liu, G B Tao and Z Zhang (2002). Agent-based modeling and mapping of a manufacturing system. *Journal of Materials Processing Technology* 129: 518-523.