ارائه مدلی جدید برای تعیین سیاست‌ها و ابزارهای بهینه به‌منظور کاهش مصرف سوخت در شرکت‌های حمل و نقل باری با چند نوع وسیله نقلیه و چند دپو

حمید شایان[1*]، اردشیر احمدی[2]
دانشگاه جامع امام حسین (ع)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۸/۱۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۲۱

چکیده

با توجه به افزایش چند برابری هزینه مصرف سوخت در وسایل نقلیه، در سال شرکت‌های حمل و نقلی هزینه زیادی بابت سوخت متحمل می‌شوند. مصرف سوخت در خودروهای سنگین به عوامل متعددی مثل خودرو، راننده، سیستم مسیریابی و زمان‌بندی حرکت خودروها، جاده، سرعت، شتاب و میزان بار بستگی دارد. در این مقاله به بررسی چند عامل ازدیدگاه شرکت‌های حمل و نقلی برای کاهش مصرف سوخت پرداخته و سپس به معرفی چند سیاست که منجر به کاهش مصرف سوخت می‌شوند می‌پردازد. هم‌چنین با ارائه مدل مینیمم مصرف سوخت به اندازه‌گیری میزان مصرف در حالات مختلف خواهد پرداخت. این مدل‌ها که تنها چند سال است مورد توجه قرار گرفته‌اند، عملکرد بهتری نسبت به مدل‌هایی دارند که فقط به مسیریابی (VRP)[3] می‌پردازند. بعد از ارائه مدل اندازه‌گیری مصرف سوخت، به ارائه مدل چند هدفه از دیدگاه شرکت‌های حمل و نقل در سه بخش سیستم، خودرو و راننده پرداخته می‌شود و ترتیبی برای بخش‌ها از روی قابلیت بخش‌ها اتخاذ می‌شود. در ادامه سیاست‌ها و ابزارهایی که منجر به کاهش هزینه‌ها در کل ناوگان می‌شوند را استخراج کرده و در آخر مجموعه سیاست‌ها و ابزارهای بهینه برای یک شرکت حمل و نقل با استفاده از مدل چند هدفه حاصل خواهد شد.

مدیران در بخش حمل و نقل با به‌کارگیری جواب بهینه مدل چند هدفه، می‌توانند در دراز مدت تأثیر به‌کارگیری مجموعه‌ای از سیاست‌ها و ابزارها را در شرکت‌های خود بسنجند و بعد اقدام به تصمیم‌گیری در مورد به‌کارگیری ابزارها و سیاست‌ها در سطح ناوگان حمل و نقل کنند.

واژه‌های کلیدی: مدل مینیمم مصرف سوخت، تابع چند هدفه، سیستم، خودرو، رانندگان، دپو، ناوگان، شرکت‌های حمل و نقل.

۱- مقدمه

عوامل مصرف سوخت در خودرو به وزن خودرو، توان موتور، سرعت متوسط خودرو، گرادیان جاده و بسیاری عوامل دیگر بستگی دارد. اما بعضی از این عوامل که تأثیر مستقیم در کاهش مصرف سوخت دارند و قابل کنترل هستند در شرکت‌های حمل و نقلی مورد توجه قرار نمی‌گیرند. این نوع عوامل اولین بار به‌صورت راه‌های زیرکانه[4] در کاهش مصرف سوخت در آمریکا مورد توجه قرار گرفت. در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۳ پروژه‌های بزرگی در کشور فنلاند برای کاهش میزان مصرف سوخت در خودروهای کلاس ۸ انجام می‌شود. که سه بخش سیستم، خودرو و راننده را مورد توجه قرار می‌دهد. در این پروژه کاهش مصرف سوخت از دیدگاه شرکت‌های حمل و نقل بررسی و به راه‌هایی که شرکت‌های حمل و نقل برای کاهش مصرف سوخت و آلاینده دارند پرداخته شده است.

اریکسون[5] و براندل – فریج[6] (۲۰۰۵) و اریکسون از میزان مصرف سوخت خودرو در مدل‌های ارائه‌شده توسط تخصیص

۱*- کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه جامع امام حسین (ع)، نویسنده پاسخگو، پست‌الکترونیکی: shayan_amirkabir@yahoo.com، نشانی: دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی صنایع
۲- استادیار دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی صنایع، پست‌الکترونیکی: Ardeshir79@yahoo.com

3- Vehicle Routing Problem
4- smart way
5-Ericsson
6-Brundell-Freij

خودروها به مسیرها استفاده می‌شد.در این مدل‌ها عواملی هم‌چون گرادیان مسیر و سرعت خودرو مورد توجه قرار می‌گرفت[۳]. تاوارس[1] و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان دادند که کارآیی در مصرف سوخت خودروها، اغلب متفاوت از پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر برای خودروها می‌باشد[۴].

سازمان حمل و نقل انگلستان [2] در سال ۲۰۰۷ نشان داد اثر بار در مصرف سوخت خودروها به‌ازای افزایش یک تن بار تابعی خطی است[۵]. هم‌چنین طبق مطالعه سازمان انرژی آمریکا در سال ۲۰۰۹ در مورد کارآیی مصرف سوخت در وسایل نقلیه سنگین، می‌توان نرخ مصرف سوخت را به‌صورت تابع خطی از سرعت متوسط خودرو تخمین زد[۶و۱].

گیلبرت لاپورت[3] و تولگابکتاس[4] در سال ۲۰۱۱ مقاله‌ای با عنوان آلودگی در مسئله مسیریابی ارائه کردند که مصرف سوخت خودروها را در تورها به‌صورت تابعی از سرعت متوسط خودرو، وزن خودرو، وزن بار و عوامل متعدد دیگری محاسبه می‌کرد. در نهایت یاشینوری سوزوکی[5] از دانشگاه اووا[6] در سال ۲۰۱۱ مقاله‌ای را با عنوان "رویکردی جدید برای مسیریابی کامیون‌ها برای کاهش مصرف سوخت و میزان آلایندگی به رویکرد جدید برای تخصیص کامیون‌ها در مسیرها پرداخت" ارائه می‌کند. ایشان عواملی هم‌چون گرادیان مسیر، سرعت متوسط، پنجره زمانی[7] میزان وزن خودرو و میزان بار حمل شده به وسیله خودرو را در محاسبه میزان مصرف سوخت به‌کار گرفته‌اند. وی به مقایسه سه مدل کوتاه‌ترین مسیر، مینیمم مصرف سوخت و مدل توسعه یافته خود می‌پردازند و در آخر به این نتیجه می‌رسد که مدل توسعه یافته عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های پیشین دارد، زیرا از جزئیات بیشتری برخوردار است. مدل ارائه شده در زیر مدل عمومی برای شرکت‌های حمل و نقل است. شرایط مسئله در زیر شرح داده می‌شود. از نظر تعداد و برند خودرویی شرکت دارای ۳۸ دستگاه مایلر، ۲۱ دستگاه آکسور، ۱۱ دستگاه ولوو و ۱۲ دستگاه اویکو است که هر یک مقدار متفاوتی در ۱۰۰ کیلومتر مصرف می‌کنند و تأثیر تونژ بار و سرعت برای آنها متفاوت است. فعالیت شرکت در ۲۳ ماه مدل شده است. شرکت لوله‌های با قطر ۳۲ و ۵۶ و ۶۴ اینچی حمل می‌کند که هر یک وزن متفاوتی دارند و تأثیر متفاوتی نیز بر آیرودینامیک می‌گذارند. عرضه و تقاضا در قسمت ضمایم آمده است. نرم افزار مورد استفاده، نرم‌افزار تخصصی AIMMS در این رابطه می‌باشد و اغلب شرکت‌های بزرگ هم‌چون بی‌پی[8]، شل[9] و شرکت هواپیمایی لوفتانزای آلمان و بسیار دیگر برای برنامه‌ریزی لجستیک خود از این نرم‌افزار بهره می‌برند.

در بخش دوم این مقاله به ارائه مدل توسعه‌یافته مصرف سوخت پرداخته می‌شود. در بخش سوم به ارائه مدل چند هدفه با توجه به مشخصات ناوگان حمل و نقل شرکت می‌پردازد و در فصل چهارم به محاسبه میزان مصرف سوخت در مدل اندازه‌گیری اشاره می‌شود و نتایج حل را در ۲۳ ماه فعالیت شرکت با هم مقایسه می‌کند و سپس به حل مدل چند هدفه و انتخاب مجموعه سیاست‌ها و ابزارهایی را برای شرکت حمل و نقل شرح می‌دهد و در بخش پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه سیاست‌هایی برای کاهش مصرف سوخت در شرکت‌های حمل و نقل می‌پردازد.

۲- ارائه مدل مینیمم کردن مصرف سوخت در ناوگان شرکت

مدل مینیمم کردن مصرف سوخت در ناوگان شرکت در زیر ارائه شده است، اما ابتدا توضیحاتی در مورد مدل شرح داده می‌شود.

شایان ذکر است به دلیل اینکه این مسئله دارای متغیرهای زیادی است لذا سرعت را به‌صورت پارامتر چندین بار وارد می‌کنند. در غیر این‌صورت تنها می‌توان با الگوریتم‌های متاهیروستیک به نزدیکی مقدار بهینه[10] دست یافت که این مقاله به این بحث وارد نمی‌شود. در مورد نحوه مصرف سوخت با تغییر سرعت متوسط از اطلاعات رانندگان، از مؤسسه و گزارش سازمان آمریکا استفاده شده است. در این رابطه از رگرسیون برای تخمین پارامترها استفاده شده است.

مدل اندازه‌گیری مصرف سوخت در شرکت در زیر ارائه شده است:

۲-۱- اندیس‌ها

i نشان‌دهنده محل شروع کامیون‌ها، b نشان‌دهنده محل بارگیری$b_{ام}$، t نشان‌دهنده محل تخلیه بار یا مشتری $t_{ام}$، e نشان‌دهنده محل بازگشت $e_{ام}$ ازتخلیه و خواب کامیون‌ها، k نشان‌دهنده خودرو $k_{ام}$ و s نشان‌دهنده نوع بار$s_{ام}$ در این مدل است.

1-Tavares
2- UK Department for Transport
3- Gilbert Laporte
4- TolgaBektas
5- Yoshinori Suzuki
6- iowa
7- Time window

8- BP
9- Shell
10- near optimal

۲-۲- تعریف پارامترها

جدول (۱): مدل اندازه‌گیری مصرف سوخت در شرکت بر حسب تعریف پارامتر

نام پارامترها	تعریف پارامترها
B0(k)	میزان مصرف برحسب کیلومتر بر لیتر
B1(k)	ضریب ضرر به‌ازای افزایش یک تن بار که مقداری منفی است
m1(k)	میزان بار ثابتی که خودرو بدون بار همیشه می‌کشد و یا در مسافت‌های زیادی می‌کشد.
alfa0(k)	به خصوصیات ماشین و نحوه رانندگی خودرو بستگی دارد.
alfa1(k)	به خصوصیات ماشین و نحوه رانندگی خودرو بستگی دارد.
pi(k, s)	نشان‌دهنده فاکتور بار در خودروی kام با بار sام می‌باشد.
averagett(t)	میانگین زمان برای تخلیه بار در رأس tام بر حسب ساعت.
averagetb(b)	میانگین زمان برای بارگیری در رأس bام بر حسب ساعت.
timecost1(i,b,k)	مدت زمانی که طول می‌کشد از رأس iام به رأس bام با خودروی kام سفر کرد.
timecost2(b,t,k)	مدت زمانی که طول می‌کشد از رأس bام به رأسtام با خودروی kام سفر کرد.
timecost3(t,e,k)	مدت زمانی که طول می‌کشد از رأس tام به رأس eام با خودروی kام سفر کرد.
capacity(k, s)	ظرفیت خودروی kام برای بار نوع sام تونژ

۲-۳- تعریف متغیرها و پارامترهای وابسته

جدول (۲-ب): مدل اندازه‌گیری مصرف سوخت در شرکت بر حسب تعریف متغیرها

نام متغیرهاو پارامترهای وابسته	تعریف متغیرها و پارامترهای وابسته
$X1(i,b,k)$	تعداد سفر برای بارگیری از رأس iام به رأس bام با خودروی kام.
X2(b, t, k, s)	تعداد سفر از رأس bام به رأس tام به‌وسیله خودروی kام با بار نوع sام
$X3(t,e,k)$	تعداد سفر از رأس tام به رأس eام به‌وسیله خودروی kام.
$distance1(i,b)$	مسافت از رأس iام به رأس bام را نشان می‌دهد.
distance2(b, t)	مسافت از رأس bام به رأس tام را نشان می‌دهد.
$distance3(t,e)$	مسافت از رأس tام به رأس eام را نشان می‌دهد.
$gradian(i,b)$	گرادیان یال بین رأس iام و رأس bام را نشان می‌دهد.
gradian2(b, t)	گرادیان یال بین رأس bام و رأس tام را نشان می‌دهد.

نام متغیرهاو پارامترهای وابسته	تعریف متغیرها و پارامترهای وابسته
$gradian3(t,e)$	گرادیان یال بین رأس tام و رأس eام را نشان می‌دهد.
$speed1(i,b,k)$	سرعت خودرو kام را بین رأس iام و رأس bام نشان می‌دهد.
speed2(b, t, k)	سرعت خودرو kام را بین رأس bام و رأس tام نشان می‌دهد.
$speed3(t,e,k)$	سرعت خودرو kام را بین رأس tام و رأس eام نشان می‌دهد.

البته $demands(t,s)$ تقاضای مشتری tام برای کالای نوع sام است و $supply(b,s)$ عرضه تولیدکننده bام از کالای نوع sام است که در بخش ضمایم آمده است.

۲-۴- تابع هدف

طبق تحقیقات سازمان انرژی آمریکا در سال ۲۰۰۹ در مورد کارآیی مصرف سوخت در وسایل نقلیه سنگین C_{ij}را می‌توان به‌صورت تابع خطی زیر تخمین زد. I و j مشخص کننده مکان‌ها برای دپو- بارگیری و تخلیه بار می‌باشند.

$$c_{ij} = \alpha_0 + \alpha_1 \times v_{ij}$$

α_0 و α_1 اعداد مثبتی هستند که بر اثر سرعت در یال‌ها در مصرف سوخت اندازه‌گیری می‌شوند. البته در شرایطی که جاده دارای زمین تخت وصاف باشد که در این حالت گرادیان مسیر برابر یک است. در جاده‌هایی که مسیر دارای گرادیان یک نبوده و شیب‌دار باشد، نرخ مصرف سوخت به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$c_{ij} = \left(\alpha_0 + \alpha_1 \times v_{ij}\right) \times \gamma_{ij}$$

π_{ij} نشان‌دهنده فاکتور گرادیان مسیر است که در مسیرهای تخت مساوی یک و در مسیرهایی با گرادیان مثبت کوچک‌تر از یک و در مسیرهایی با گرادیان منفی بزرگ‌تر از یک می‌باشد. گفتنی است این پارامتر از انحراف میزان مصرف سوخت برحسب مایل برگالن بین یک یال و میزان مصرف برحسب مایل بر گالن در مسیر تخت با گرادیان یک حاصل می‌شود.

در سال ۲۰۰۷ و در زمینه pi(k,s) دپارتمان حمل و نقل انگلیس به اثر بار در وسایل نقلیه سنگین پرداخت. که به وسیله یک تابع خطی بر حسب میزان مایل بر گالن را تخمین زده است.

$$mpg = \beta_0 + \beta_1 \times L$$

β_1. نشان‌دهنده میزان مایل به ازای مصرف یک گالن سوخت، زمانی که خودرو بدون بار می‌باشد، است و در وسیله نقلیه‌ای که ضریب β_1 آن منفی است نشان‌دهنده میزان مایل کاسته شده از خودرو می‌باشد وقتی که یک تن بار به ماشین اضافه می‌شود و L وزن بار به تن محاسبه می‌شود.

$$\pi_{ij} = \frac{\beta_0 + \beta_1 \times \sum_{i \epsilon Y_{ij}} L_i}{\beta_0 + \beta_1 \times \mu}$$

Pi(k,s) یا π_{ij} همانند بالا تخمین زده شده است با این تفاوت که یک بار بارگیری و یک بار تخلیه بار را شامل می‌شود.

μ میانگین بار برای وسیله نقلیه در مسیر طولانی می‌باشد. دقت گردد که در بالا β_1 عددی منفی است و وقتی بار زیاد از حد زده شود میزان مایل بر گالن کمتری طی می‌شده و به‌صورت $\pi_{ij}<1$ می‌شود و وقتی بار کمتر از حد زده شود به‌صورت $\pi_{ij}>1$ محاسبه می‌گردد. میزان مصرف سوخت به ازای یک کیلومتر مسافت، همانند مدل دکتر سوزوکی در هر بخش در مخرج کسرها آورده شده و تابع هدف ایشان به‌صورت زیر توسعه می‌یابد.

$$\sum_i \sum_b \sum_k \frac{Distance_1(i,b) \times X_1(i,b,k)}{\left(\alpha_0(\mathrm{k}) + \alpha_1(\mathrm{k}) \times speed_1(i,b,k)\right) \times Gr_1(i,b)} +$$

$$\sum_b \sum_t \sum_k \sum_s \frac{Distance_2(\mathrm{b,t}) \times X_2(\mathrm{b,t,k,s})}{\left(\alpha_0(\mathrm{k}) + \alpha_1(\mathrm{k}) \times speed_2(\mathrm{b,t,k})\right) * \ Gr_2(\mathrm{b,t}) \times \pi(\mathrm{k,s})}$$

$$+ \sum_t \sum_e \sum_k \frac{Distance_3(t,e) \times X_3(t,e,k)}{\left(\alpha_0(\mathrm{k}) + \alpha_1(\mathrm{k}) \times speed_3(t,e,k)\right) \times Gr_3(t,e)}$$

تابع هدف به سه قسمت تقسیم شده است: قسمت اول به مصرف سوخت کامیون‌ها برای اینکه از دپو به محل بارگیری بروند اشاره دارد. قسمت دوم به میزان مصرف برای حرکت از رأس بارگیری به رأس تخلیه بار تأکید دارد و قسمت سوم به مصرف سوخت خودروها برای بازگشت به دپو اشاره دارد.

۲-۵- محدودیت‌ها

$$\sum_i X_1(i,b,k) = \sum_t \sum_s X_2(\mathrm{b,t,k,s}) \quad \forall b,k \quad (1)$$

$$\sum_e X_3(t,e,k) = \sum_b \sum_s X_2(\mathrm{b,t,k,s}) \quad \forall k,t \quad (2)$$

$$\sum_i \sum_b \mathrm{timecost}_1(\mathrm{i,b,k}) \times \mathrm{X1(i,b,k)} + \sum_b \sum_t \sum_s \mathrm{timecost}_2(\mathrm{b,t,k}) \times X_2(\mathrm{b,t,k,s}) + \sum_t \sum_e \mathrm{timecost}_3(\mathrm{t,e,k}) \times X_3(t,e,k) +$$
$$\sum_t \sum_b \sum_s \mathrm{Avett(t)} \times X_2(\mathrm{b,t,k,s}) + \sum_t \sum_b \sum_s \mathrm{Avetb(b)} \times X_2(\mathrm{b,t,k,s}) \leq 270 \ \forall k \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_b X_1(\mathrm{i,b,k}) = \sum_t \sum_e X_3(t,e,k) \quad \forall k \quad (4)$$

$$\sum_b \sum_k X_2(\mathrm{b,t,k,s}) \geq Demands(t,s) \forall t,s \quad (5)$$

$$\sum_t \sum_k X_2(\mathrm{b,t,k,s}) \leq Supply(b,s) \ \forall b,s \quad (6)$$

$$X_2(espadana, salafchegan, \mathrm{k,s}) = 0 \ \forall \mathrm{k,s} \quad (7)$$

$$X_2(kohpaye, salafchegan, \mathrm{k,s}) = 0 \ \forall k,s \quad (8)$$

$$\pi(\mathrm{k,s}) = \frac{\mathrm{B_0(k)} + \mathrm{B_1(k)} \times \mathrm{cap(k,s)}}{\mathrm{B_0(k)} + \mathrm{B_1(k)} \times M_1(\mathrm{k})} \forall k,s \quad (9)$$

$$\sum_s X_2(b,t,k,s) \leq 60 \ \forall b,t,k \quad (10)$$

$$0 \leq X_1(i,b,k) \leq 60 \quad \forall i,b,k \quad (11)$$

$$0 \leq X_3(t,e,k) \leq 60 \quad \forall t,e,k \quad (12)$$

$$timecost_1(i,b,k) = \frac{\mathrm{Distance}_1(\mathrm{i,b})}{\mathrm{speed}_1(\mathrm{i,b,k})} \forall \ i,b,k \quad (13)$$

$$timecost_2(\mathrm{b,t,k}) = \frac{\mathrm{Distance}_2(\mathrm{b,t})}{\mathrm{speed}_2(\mathrm{b,t,k})} \forall \ b,t,k \quad (14)$$

$$timecost_3(\mathrm{t,e,k}) = \frac{\mathrm{Distance}_3(\mathrm{t,e})}{\mathrm{speed}_3(\mathrm{t,e,k})} \forall \ t,e,k \quad (15)$$

$$X_1(\mathrm{i,b,k}), X_2(\mathrm{b,t,k,s}), X_3(t,e,k) \in \mathrm{Integer} \forall i,b,t,e,k,s \quad (16)$$

محدودیت اول بیان کننده این مطلب است که در هر رأس بارگیری، تعداد دفعاتی که خودرویی وارد می‌شود مساوی تعداد دفعاتی است که خارج می‌شود.

محدودیت دوم در هر رأس مشتری یا تخلیه تعداد دفعات ورود و خروج را مساوی هم قرار می‌دهد.

محدودیت سوم محدودیت زمانی ماهانه برای همه رانندگانی است که حداکثر مدت زمان رانندگی و معطلی را در صف برای بارگیری و تخلیه نشان می‌دهد.

محدودیت چهارم تعداد دفعات خروج یک خودرو از دپو مساوی تعداد دفعاتی است که وارد دپو می‌شود.

محدودیت‌های پنجم وششم محدودیت‌های رفع نیاز تقاضا و برداشت به اندازه، از نقاط عرضه می‌باشد.

محدودیت‌های هفتم وهشتم تضمین می‌کند که در این دو یال سفری نیست.

محدودیت نهم ضریب یا فاکتور بار را در هر ماشین طبق بار حمل شده و مشخصات ماشین‌ها نشان می‌دهد.

محدودیت‌های دهم، یازدهم و دوازدهم نشان می‌دهد هر خودرو در ماه بیشتر از ۶۰ سفر نداشته باشد.

محدودیت‌های سیزدهم تا پانزدهم نشان‌دهنده رابطه بین سرعت، مسافت و زمان پیمودن مسافت می‌باشد.

۳- ارائه مدل چند هدفه برای انتخاب سیاست‌ها و ابزارها در سه بخش سیستم، خودرو و راننده

در این بخش به ارائه مدلی چند هدفه برای شرکتی می‌پردازد و از بین ابزارها و سیاست‌های خود زیرمجموعه‌ای انتخاب کند که سود حاصل از کاهش مصرف سوخت شرکت را در ۱۰ سال ماکزیمم کند.

۳-۱- ابزارها و سیاست‌ها در بخش سیستم

۱- مؤسسه از دو دپو در اصفهان و سلفچگان استفاده کند.

۲- مؤسسه از یک دپو استفاده کند.

۳- فعالیت‌های بازاریابی

۴- GPS به عنوان ابزاری برای استفاده از ITC

۵- پنجره زمانی‌در ساعات مناسب و کم‌کردن زمان انتظاردر بارگیری و تخلیه

۶- مدیریت ترافیک که منجر به افزایش سرعت متوسط ناوگان شده و نوسان سرعت را کاهش می‌دهد (سرعت متوسط به ۸۰ برسد).

۷- مدیریت ترافیک که منجر به افزایش سرعت متوسط ناوگان می‌شود و نوسان سرعت را کاهش می‌دهد (سرعت متوسط به ۹۵ برسد).

۸- مدیریت ترافیک که منجر به افزایش سرعت متوسط ناوگان می‌شود و نوسان سرعت را کاهش می‌دهد (سرعت متوسط به ۱۰۴ برسد).

۹- برچسب‌گذاری خودروها

۱۰- توزیع یکسان و مناسب بار در ماه‌ها

۱۱- توزیع مناسب -پنجره زمانی- سرعت متوسط ۹۵، دو دپو

۱۲- توزیع مناسب -پنجره زمانی- سرعت متوسط ۹۵، یک دپو

۱۳- پنجره زمانی- سرعت متوسط ۹۵، یک دپو.

چهار سیاست توزیع مناسب و یکسان عرضه در ماه‌ها - پنجره زمانی- سرعت متوسط و تعداد دپو در مدل مینیمم مصرف سوخت مدل می‌شود و در مورد بقیه سیاست‌ها از اطلاعات شرکت‌های حمل و نقل استفاده شده است.

دو دپو بودن و پنجره زمانی و سرعت متوسط در مدل کاهش مصرف سوخت آنالیز شده‌اند و در بخش ضمایم نتایج حل این گزینه‌ها آورده شده است و در مورد بازاریابی، GPS و برچسب‌گذاری خودروها طبق تجربیات شرکت‌های حمل و نقل عمل کرده و درصدی که آنها از کاهش مصرف گزارش کرده‌اند لحاظ می‌شود.

از آنجا که سرعت بهینه خودروها (به غیر ازخودروی مایلر که تقریباً ۷۸ کیلومتر در ساعت است) ۹۵ کیلومتر در ساعت محاسبه شده است، گزینه‌های دیگری ایجاد شده است. هم‌چنین دو دپو بودن با ایجاد کران بالایی در بهترین حالت از گزینه ۱۱ به بعد در نظر گرفته نشده است. در زمینه پنجره زمانی نیز از آنجا که نقش اساسی در زمان انتظار برای تخلیه و بارگیری خودروها ایفا می‌کند و به برنامه زمان‌بندی dispatcherها به خودروها بستگی دارد و تقریباً هزینه‌ای ندارد، این سیاست همیشه لحاظ شده است.

گزینه‌های ۱۱و۱۲و ۱۳ ترکیبی از گزینه‌های هستند که ترکیب آنها در مدل حل شده است.

۳-۲- ابزارها و سیاست‌ها در بخش خودرو

۱- نصب Cab Roof Fairings [۱۲و۱۳]

۲- نصب Trailer Side Skirts [۱۲و۱۳]

۳- نصب Trailer Rear Fairings [۱۲و۱۳]

۴- نصب Adjustable Cab Roof Deflectors

۵- تغییر در نوع تایرها در فصول مختلف لاستیک‌های آج‌دار [۱۲و۱۳]

۶- تغییر در نوع چرخ‌ها [۱۲]

۷- برنامه‌ریزی برای بحث فنی خودروها [۱۲]

۸- سیاست نوسازی ناوگان با ماشین‌های دیزلی [۱۲]

۹- سیاست نوسازی ناوگان با ماشین‌های پلاگین هیبریدی [۱۲]

۱۰- سیاست نوسازی ناوگان با ماشین‌های هیبریدی [۱۲]

۱۱- ارتقاء درآیرودینامیک آینه‌ها [۱۳]

به‌کارگیری هریک از گزینه‌های بالا درصدی به‌صورت متوسط از مصرف سوخت کم می‌کند. در این قسمت از تجربیات شرکت‌ها و آزمایشاتی که بر روی خودروهای کلاس ۸ انجام شده، استفاده شده است. به‌طور مثال در ابزارهای آیرودینامیک از اطلاعات آزمایشات خودروها در تونل باد استفاده می‌شود.

۳-۳- ابزارها و سیاست‌ها در بخش رانندگان

۱- تعیین دنده مناسب که ۵ در صد در مصرف سوخت را کاهش می‌دهد. [۱۴]

۲- رعایت سرعت بهینه وسیله نقلیه از ۶۵ مایل در ساعت به ۶۰ مایل در ساعت (۱۰۴ کیلومتر در ساعت به ۹۶ کیلومتر در ساعت) که به‌طور متوسط منجر به کاهش ۵ در صدی در مصرف می‌شود. [۱۴]

۳- استفاده مناسب از تجهیزات داخل کابین (استفاده مناسب از کولر و بخاری). [۱۴]

شایان ذکر است به‌کارگیری این سه گزینه با شریک کردن راننده در نصف سود شرکت مدل شده است. دراین رابطه از تجربیات و آزمایشات خودرو در شرکت‌ها استفاده شده است.

۳-۴- مدل چند هدفه

با کاهش مصرف سوخت هزینه‌ای در بخش نت خودروها کاسته می‌شود. از آنجا که هزینه‌ها در نت خودروها مثل هزینه پارکینگ، هزینه‌های متغیر و غیره ثابت است بستگی به میزان کارکرد خودرو و مصرف سوخت خودرو دارد و با کاهش مصرف سوخت شاهد کاهش این گونه هزینه‌ها بوده و در تابع هدف این مقدار برای خودروها به‌صورت زیر تخمین زده شده است. برای به‌دست آوردن این عدد به‌طور متوسط فرض شده است که هرخودرو در سال حدود یک میلیون تومان هزینه استهلاک دارد که تنها بستگی به میزان کارکرد و مصرف سوخت خودرو دارد. میزان هزینه مصرف سوخت نیز در ۱۰ سال با مدل اولیه تخمین زده شده است. [۱۵]

متغیرهای تصمیم به‌صورت زیر در نظر گرفته شده‌اند.

اگر شرکت تصمیم به استفاده و سرمایه‌گذاری در ابزار یا سیاست iام بگیرد، x_i مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.

اگر شرکت تصمیم به استفاده و سرمایه‌گذاری در ابزار یا سیاست iام بگیرد، y_i مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.

اگر شرکت تصمیم به استفاده و سرمایه‌گذاری در ابزار یا سیاست iام بگیرد، z_i مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.

هر سه بخش را می‌توان در یک تابع قرار داد اما به دلایل زیر در سه تابع قرار داده‌اند.

۱- در یک تابع تأثیر هر بخش وقتی سه بخش آن فعال هستند را نمی‌توان به درصد مشخص کرد. اما در حالت سه تابع این کار ممکن است. در نتیجه تخصیص بودجه به بخش‌ها یا سرمایه‌گذاری در سه بخش به‌طور دقیق مشخص می‌شود.

۲- از آنجا که بخش نت به خودروها می‌پردازد، طرح و برنامه به سیستم می‌پردازد و رانندگانی که بخش اعزام بر آنها تقریباً نظارت دارد اکنون همانند جزایر جداگانه‌ای عمل می‌کنند که حالت سه تابع منجر به ارائه گزارشاتی برای هر بخش برای ارائه به مدیریت مؤسسه می‌شود. در نتیجه در حالت یک تابع، امکان این کار وجود ندارد.

۳- از آنجا که هر بخش قابلیت متفاوتی در کاهش مصرف سوخت دارد به همین‌منظور ترتیبی برای سرمایه‌گذاری در بخش‌ها انجام می‌شود. در این صورت بهترین جواب‌ها در هر بخش یا قابلیت هر بخش در جواب بهینه لحاظ می‌شود. این ترتیب در بخش‌ها، تأثیر بخش‌ها بریکدیگر را در نظر می‌گیرد و مانع سرمایه‌گذاری در گزینه‌هایی می‌شود که توجیه اقتصادی ندارند.

بنابراین تابع هدف به شکل زیر می‌باشد.

$$\text{Max } Z(system) = \left(10 \times \frac{12}{23} \times 150 \times 965098.6438 + 820000000\right) \times \left[\left[1 - \left(1 - \frac{17.6 \times x_{11}}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times x_3}{100}\right)\left(1 - \frac{15 \times x_4}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times x_9}{100}\right)\right] P1\right] + \left[1 - \left(1 - \frac{6.63 \times x_{12}}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times x_3}{100}\right)\left(1 - \frac{15 \times x_4}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times x_9}{100}\right)\right] P2 +$$

$$\left[1 - \left(1 - \frac{6.26 \times x_{13}}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times x_3}{100}\right)\left(1 - \frac{15 \times x_4}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times x_9}{100}\right)\right] P3 - 252000000 \times x_{11} - 2000000 \times x_{12} - 2000000 \times x_{13} - 100000000 \times x_3 - 38000000 \times x_4 - 2500000 \times x_9$$

$$\text{Max } Z(vehicle) = \left(10 \times \frac{12}{23} \times 150 \times 965098.6438 + 820000000\right) \times \left[\left[\left(1 - \frac{17.6 \times x_{11}}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times x_3}{100}\right)\left(1 - \frac{15 \times x_4}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times x_9}{100}\right)\right] P1\right] +$$

$$\left[\left(1 - \frac{6.63 \times x_{12}}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times x_3}{100}\right)\left(1 - \frac{15 \times x_4}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times x_9}{100}\right)\right] P2 + \left[\left(1 - \frac{6.26 \times x_{13}}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times x_3}{100}\right)\left(1 - \frac{15 \times x_4}{100}\right)\left(- \frac{7 \times x_9}{100}\right)\right] P3] \times$$

$$\left[\begin{array}{l} 1 - \left(1 - \frac{7 \times y_1}{100}\right)\left(1 - \frac{5 \times y_2}{100}\right)\left(1 - \frac{y_3}{100}\right)\left(1 - \frac{3 \times y_4}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times y_5}{100}\right) \times \\ \left(1 - \frac{4 \times y_6}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times y_7}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times y_8}{100}\right)\left(1 - \frac{80 \times y_9}{100}\right)\left(1 - \frac{60 \times y_{10}}{100}\right)\left(1 - \frac{1.25 \times y_{11}}{100}\right) \end{array}\right]$$

$$-24600000 \times y_1 - 32800000 \times y_2 - 6560000 \times y_3 - 24600000 \times y_4 - 41000000 \times y_5 - 328000000 \times y_6 - 8200000 \times y_7 - 2870000000 \times y_8 - 9840000000 \times y_9 - 6560000000 \times y_{10} - 1640000 \times y_{11}$$

$$\text{Max } Z\,(drivers) = \left(10 \times \frac{12}{23} \times 150 \times 965098.6438 + 820000000\right) \times \left[\left[\left(1 - \frac{17.6 \times x_{11}}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times x_3}{100}\right)\left(1 - \frac{15 \times x_4}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times x_9}{100}\right)\right] P1\right] + \left[\left(1 - \frac{6.63 \times x_{12}}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times x_3}{100}\right)\left(1 - \frac{15 \times x_4}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times x_9}{100}\right)\right] P2 + \left[\left(1 - \frac{6.26 \times x_{13}}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times x_3}{100}\right)\left(1 - \frac{15 \times x_4}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times x_9}{100}\right)\right] P3] \times$$

$$\left[\begin{array}{l}\left(1 - \frac{7 \times y_1}{100}\right)\left(1 - \frac{5 \times y_2}{100}\right)\left(1 - \frac{y_3}{100}\right)\left(1 - \frac{3 \times y_4}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times y_5}{100}\right) \times \\ \left(1 - \frac{4 \times y_6}{100}\right)\left(1 - \frac{7 \times y_7}{100}\right)\left(1 - \frac{30 \times y_8}{100}\right)\left(1 - \frac{80 \times y_9}{100}\right)\left(1 - \frac{60 \times y_{10}}{100}\right)\left(1 - \frac{1.25 \times y_{11}}{100}\right)\end{array}\right] \times$$

$$\left[1 - \left(1 - \frac{4 \times z_1}{100}\right)\left(1 - \frac{5 \times z_2}{100}\right)\left(1 - \frac{5 \times z_3}{100}\right)\right] / 2$$

از آنجا که در بخش‌ها گزینه‌ها مستقل هستند و بخش‌ها طبق تحقیقی در فنلاند، مستقل فرض شده‌اند. توابع هدف به‌صورت بالا نوشته شده است.

اگر بخواهید فقط در بخش سیستم فعال باشید باید از مدلی که به‌صورت منفرد در این بخش آورده شده استفاده کرد. در این صورت دو بخش خودرو و راننده تأثیری در مصرف سوخت نداشته و فقط به محاسبه تأثیر بخش سیستم می‌پردازد. اما در مدل بالا ترتیبی اتخاذ شده تا بتوان تخمین درستی از میزان مصرف سوخت در هر بخش داشت. ترتیب بالا در اجرای سیاست‌ها در بخش‌ها منجر به در نظر گرفتن استقلال بخش‌ها در انتخاب جواب بهینه می‌شود.

برای اولویت‌دادن به بخش‌ها در زیر به دلایلی به ترتیب سیستم، خودرو و راننده اشاره می‌شود:

۱- قابلیت بخش‌ها اگر هر بخش به‌صورت منفرد حل شود به‌صورت بالاست. زیر ادربخش سیستم ۴۸,۳ درصد- دربخش خودرو ۲۲,۸۸ درصد و دربخش راننده ۱۳,۳۶ درصد قابلیت کاهش مصرف سوخت داریم.

۲- گزینه‌های بخش سیستم، خودرو و راننده به ترتیب بیشترین تأثیر را بر مصرف سوخت دارند. در واقع سیاست-هایی موجود این بخش‌ها برای کاهش مصرف سوخت به ترتیب بیشترین درجه اهمیت را برای اجرا در سازمان دارند.

۳- هزینه‌ای که شرکت در بخش سیستم برای جواب بهینه حل منفرد این بخش می‌پردازد کمتر از جواب بهینه حل منفرد در بخش خودرو است. متأسفانه برای شریک کردن رانندگان در هزینه‌ها هنوز شرکت اطلاعات کافی را کسب نکرده است. در واقع تفاوت راننده خوب و بد مشخص نیست اما حتی با فرض مشخص بودن این تفاوت، هزینه بخش سیستم در ۱۰ سال کمتر می‌شود.

۴- این ترتیب منجر به لحاظ کردن استقلال گزینه‌ها می‌شود.

$$P1 + P2 + P3 = 1 \qquad (1)$$

محدودیت اول به این علت وضع می‌شود که از بین سیاست‌های x13,x12,x11 تنها یکی انتخاب شود.

$$y1 + y4 \leq 1 \qquad (2)$$

محدودیت دوم بیانگراین مطلب است که از بین Cab Roof Fairings و Adjustable Cab Roof Deflectors یکی انتخاب شود. این وسایل برای ارتقای سطح آیرودینامیک در یک مکان از خودرو می‌باشند.

$$y8 + y9 + y10 \leq 1 \qquad (3)$$

محدودیت سوم بیانگراین مطلب است که در نوسازی وسایل نقلیه از یک نوع تکنولوژی موتور استفاده شود این مطلب برای بخش نت کار را راحت‌تر می‌کند.

$$y7, y8, y9, y10, x9 \leq z1 \qquad (4)$$
$$y7, y8, y9, y10, x9 \leq z2 \qquad (5)$$

محدودیت‌های آخر بیانگر این مطلب است که وقتی به رانندگان آموزش داده شود که خودرو برچسب‌گذاری شده باشد و همین‌طور اگر خودروی جدیدی خریداری می‌شود آموزشی برای استفاده از خودرو به راننده ارائه شود و اگر برنامه‌ای برای بحث فنی خودروها اجرا می‌شود به تعلیم و

آموزش رانندگان برای کاهش هزینه‌های نت نیز پرداخته شود.

عدد 965098.6438 لیتر ازحل مدل کاهش مصرف سوخت حاصل شده است. بنابراین هزینه مصرف سوخت به‌طور متوسط در ۱۰ سال برابر $10 * \frac{12}{23} * 150 *$ 965098.6438 است. با کاهش مصرف سوخت هزینه‌ای از بخش نت خودروها کاسته می‌شود. از آنجا که هزینه‌های بخش نت خودروها مثل هزینه پارکینگ، هزینه‌های متغیر و غیره ثابت است و بستگی به میزان کارکرد خودرو و مصرف سوخت خودرو دارد به همین‌منظور با کاهش مصرف سوخت، کاهش اینگونه هزینه‌ها را در پی دارد. در تابع هدف این مقدار برای خودروها به‌صورت زیر تخمین زده شده است. برای به‌دست آوردن این عدد به‌طور متوسط فرض شده است که هرخودرو در سال حدود یک میلیون تومان هزینه استهلاک دارد که فقط بستگی به میزان کارکرد و مصرف سوخت خودرو دارد. میزان هزینه مصرف سوخت نیز در ۱۰ سال با مدل اولیه تخمین زده شده است.

۴- تجزیه و تحلیل نتایج مدل‌ها

در صورتی که در بخش‌ها به‌صورت منفرد اقدام به بهینه‌سازی شود در این صورت محاسبات به ترتیب برای بخش‌های سیستم، خودرو و رانندگان به‌صورت زیر می‌باشد. در ستون وسط جدول (۳) این میزان کاهش مصرف سوخت آورده شده است. لازم به ذکر است برای به‌دست آوردن تابع منفرد در بخش‌ها کافی است در هر بخش تأثیر دو بخش در نظر گرفته نشود. به‌طور مثال در بخش راننده مدلی ارائه شده است. کافی است بخش‌هایی از مدل x_i و y_i حذف شود تا مثل بخش سیستم منفرد شوند[۱۵].

$$otal\ fuel\ saving =$$

$$100\{1-(1-[\ fuel\ saving(tech1)/100]) \times (1-[fuelsaving(tech2)/100]) \dots (1-[fuel\ saving(techN)/100])]$$

$$\%FCR =$$

$$100\left[1-\left(1-\frac{6.63}{100}\right)\times\left(1-\frac{30}{100}\right)\times\left(1-\frac{15}{100}\right)\times\left(1-\frac{7}{100}\right)\right] = 100[1-0.5179] = 48.33$$

جدول (۳): نحوه کاهش مصرف سوخت

نام بخش	تأثیرمنفرد بخش‌ها برمصرف سوخت در بهترین حالت	تأثیر بخش‌ها برمصرف سوخت در بهترین حالت، وقتی که ترتیب بخش‌ها لحاظ شود
سیستم	۴۸,۳۳	۴۸,۳۳
خودرو	۲۲,۸۸	۱۱,۸۲۲۱
راننده	۱۳,۳۶	۵,۳۲۳۶۸
مجموع	۸۴,۵۷	۶۵,۴۷۵۷۸

با حل تابع چند هدفه با استفاده از روش دسترسی به مقصد جواب بهینه زیر حاصل می‌شود. با حل منفرد بخش‌ها به تخمینی برای ارزش هر بخش دست می‌یابیم که نشان‌دهنده برتری بخش‌ها به ترتیب سیستم – خودرو- راننده می‌باشد. با اطلاعاتی که از تصمیم‌گیرندگان حاصل شده می‌خواهیم در بخش سیستم حداقل ۲۰ درصد – در بخش خودرو حداقل ۱۰ درصد و در بخش راننده ۵ درصد کاهش مصرف سوخت داشته باشیم. بنابراین با توجه به روش دسترسی به مقصد به مدل زیر دست می‌یابیم.

Min : Z

$S.t$:

$$\left(10\times\frac{12}{23}\times 150\times 965098.6438+820000000\right)\times$$

$$\left[\left[1-\left(1-\frac{17.6\times x_{11}}{100}\right)\left(1-\frac{30\times x_3}{100}\right)\left(1-\frac{15\times x_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times x_9}{100}\right)\right]P1\right]+$$

$$\left[1-\left(1-\frac{6.63\times x_{12}}{100}\right)\left(1-\frac{30\times x_3}{100}\right)\left(1-\frac{15\times x_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times x_9}{100}\right)\right]P2+$$

$$\left[1-\left(1-\frac{6.26\times x_{13}}{100}\right)\left(1-\frac{30\times x_3}{100}\right)\left(1-\frac{15\times x_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times x_9}{100}\right)\right]P3 \quad -252000000\times x_{11}-2000000\times x_{12}-2000000\times x_{13}-100000000\times x_3-38000000\times x_4-2500000\times x_9$$

$$-\frac{48.33}{84.57}Z\ \geq 0.2\times\left(10\times\frac{12}{23}\times 150\times 965098.6438+820000000\right) \quad (1)$$

$$\left(10\times\frac{12}{23}\times 150\times 965098.6438+820000000\right)\times$$

$$\left[\left[\left(1-\frac{17.6\times x_{11}}{100}\right)\left(1-\frac{30\times x_3}{100}\right)\left(1-\frac{15\times x_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times x_9}{100}\right)\right]P1\right]+\left[\left(1-\frac{6.63\times x_{12}}{100}\right)\left(1-\frac{30\times x_3}{100}\right)\left(1-\frac{15\times x_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times x_9}{100}\right)\right]P2+$$

$$\left[\left(1-\frac{6.26\times x_{13}}{100}\right)\left(1-\frac{30\times x_3}{100}\right)\left(1-\frac{15\times x_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times x_9}{100}\right)\right]P3]\times$$

$$\begin{bmatrix}1-\left(1-\frac{7\times y_1}{100}\right)\left(1-\frac{5\times y_2}{100}\right)\left(1-\frac{y_3}{100}\right)\left(1-\frac{3\times y_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times y_5}{100}\right)\times\\ \left(1-\frac{4\times y_6}{100}\right)\left(1-\frac{7\times y_7}{100}\right)\left(1-\frac{30\times y_8}{100}\right)\left(1-\frac{80\times y_9}{100}\right)\left(1-\frac{60\times y_{10}}{100}\right)\left(1-\frac{1.25\times y_{11}}{100}\right)\end{bmatrix}$$

$$-24600000\times y_1-32800000\times y_2-6560000\times y_3-24600000\times y_4-41000000\times y_5-328000000\times y_6-8200000\times y_7-2870000000\times y_8-9840000000\times y_9-6560000000\times y_{10}-1640000\times y_{11}-\frac{22.88}{84.57}Z\geq 0.046\times\left(10\times\frac{12}{23}\times 150\times 965098.6438+820000000\right) \quad (2)$$

$$\left(10\times\frac{12}{23}\times 150\times 965098.6438+820000000\right)\times$$

$$\left[\left[\left(1-\frac{17.6\times x_{11}}{100}\right)\left(1-\frac{30\times x_3}{100}\right)\left(1-\frac{15\times x_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times x_9}{100}\right)\right]P1\right]+\left[\left(1-\frac{6.63\times x_{12}}{100}\right)\left(1-\frac{30\times x_3}{100}\right)\left(1-\frac{15\times x_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times x_9}{100}\right)\right]P2+$$

$$\left[\left(1-\frac{6.26\times x_{13}}{100}\right)\left(1-\frac{30\times x_3}{100}\right)\left(1-\frac{15\times x_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times x_9}{100}\right)\right]P3]\times$$

$$\begin{bmatrix}\left(1-\frac{7\times y_1}{100}\right)\left(1-\frac{5\times y_2}{100}\right)\left(1-\frac{y_3}{100}\right)\left(1-\frac{3\times y_4}{100}\right)\left(1-\frac{7\times y_5}{100}\right)\times\\ \left(1-\frac{4\times y_6}{100}\right)\left(1-\frac{7\times y_7}{100}\right)\left(1-\frac{30\times y_8}{100}\right)\left(1-\frac{80\times y_9}{100}\right)\left(1-\frac{60\times y_{10}}{100}\right)\left(1-\frac{1.25\times y_{11}}{100}\right)\end{bmatrix}$$

$$\left[1-\left(1-\frac{4\times z_1}{100}\right)\left(1-\frac{5\times z_2}{100}\right)\left(1-\frac{5\times z_3}{100}\right)\right]/2$$

$$-\frac{13.36}{84.58}Z\geq 0.02\times\left(10\times\frac{12}{23}\times 150\times 965098.643+820000000\right) \quad (3)$$

$$Z\geq 0 \quad (4)$$

نتایج حل سیاست‌ها و ابزارهای منفرد در بخش ضمایم آورده شده است، اما می‌توان با حل مدل چندهدفه در نرم‌افزار AIMMS به جواب بهینه زیر دسترسی پیدا کرد.

بنابراین در بخش‌ها سیاست‌های بهینه در مصرف سوخت به ترتیب سیستم، خودرو و راننده به‌صورت زیر است.

۱- توزیع مناسب، پنجیزه زمانی، سرعت متوسط ۹۵، GPS، یک دپو، فعالیت‌های بازاریابی و برچسب‌گذاری

۲- نصب Cab Roof Fairings، نصب Trailer Side Skirts، نصب Trailer Rear Fairings تغییر در نوع تایرها در فصول مختلف با لاستیک‌های آجدار، برنامه‌ریزی برای بحث فنی خودروها، آیرودینامیک آینه‌ها.

۳- استفاده مناسب از کولر و بخاری، تعیین دنده مناسب، رعایت سرعت بهینه وسیله نقلیه، شریک‌کردن راننده در هزینه‌ها و آموزش رانندگان

در جدول (۳) ستون راست درصد تأثیر هر بخش را در صورتی که همه سیاست‌ها با هم اجرا شوند نشان می‌دهد. بنابراین در بخش سیستم۴۸,۳۳ درصد، در بخش خودرو ۱۱,۸۲ درصد و در بخش راننده تا ۵,۳۲ درصد می‌توان با اجرای جواب بهینه صرفه‌جویی در مصرف سوخت داشت. این اعداد با توجه به حل مدل چند هدفه به‌دست آمده است.

درکل جواب بهینه از به‌کارگیری سیاست‌ها و ابزارهای بهینه به‌صورت زیر به‌دست می‌آید. دقت کنید که جمع درصد کاهش مصرف سوخت در بخش‌ها برابر کاهش مصرف سوخت در کل ناوگان نیست زیرا بخش‌ها طبق پروژه‌های کشور فنلاند مستقل فرض می‌شوند. بنابراین طبق فرمول زیرکل کاهش مصرف سوخت با به‌کارگیری جواب بهینه به‌دست می‌آید.

بنابراین با به‌کارگیری سیاست‌ها و ابزارهای بهینه تا ۶۵ درصد می‌توان صرفه‌جویی در مصرف سوخت ایجاد کرد.

۵- نتیجه‌گیری

بنابراین می‌توان با حل تابع چند هدفه برای شرکت حمل و نقل به جواب بهینه زیر رسید.

۱- توزیع مناسب، time window، سرعت متوسط ۹۵، GPS، یک دپو، فعالیت‌های بازاریابی، برچسب‌گذاری.

۲- نصب Cab Roof Fairings، نصب Trailer Side Skirts، نصب Trailer Rear Fairings، تغییر در نوع تایرها در فصول مختلف با لاستیک‌های آجدار، برنامه‌ریزی برای بحث فنی خودروها، آیرودینامیک آینه‌ها.

۳- استفاده مناسب از کولر و بخاری، تعیین دنده مناسب، رعایت سرعت بهینه وسیله نقلیه، شریک‌کردن راننده در هزینه‌ها و آموزش رانندگان.

بنابراین در بخش سیستم۴۸,۳۳ درصد، در بخش خودرو ۱۱,۸۲ درصد و در بخش راننده تا ۵,۳۲ درصد می‌توان با اجرای جواب بهینه صرفه‌جویی در مصرف سوخت داشت و در کل تا ۶۵,۴۷ درصد کاهش در مصرف سوخت ایجاد کرد. برای بخش‌ها این نوع حل مسئله از ترتیب در نظر گرفته شده حاصل شده است. هر شرکت حمل و نقلی با توجه به مشخصات خود می‌تواند برای کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد خود از اینگونه مدل‌ها بهره ببرد. تا در دراز مدت با افزایش کارآیی و اثربخشی ناوگان خود توان رقابتی با شرکت‌های دیگر را کسب کرده و امکان حیات خود در محیط‌های رقابتی را ایجاد کند.

منابع

[1] Ericsson, "***Independent driving pattern factors and their influence on fuel use and exhaust emission factors***". Transportation Research Part D., 2001.

[2] Tavares, G., Zsigraiova, Z., Semiao, V., Carvalho, M.G., "***A case study of fuel savings through optimization of MSW transportation routes. Management of Environmental Quality***": An International Journal 19, 2008.

[3] UK Department for Transport, Effects of Payload on the Fuel Consumption of Trucks. UK DfT, London, 2007.

[4] US Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2009.Transportation Energy Data Book, 28th ed. USDoE, Washington, DC.

[5] US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Freight Management and Operations, 2007.Development of Truck PayloadEquivalent Factor.USDoT, Washington, DC.

[6] TolgaBektas and Gilbert Laporte, "***the Pollution-Routing Problem***", 2011.

[7] Yoshinori Suzuki., "***A new truck-routing approach for reducing fuel consumption and pollutants emission***", 2011.

[8] TECHNOLOGIES AND APPROACHES TOREDUCING THE FUEL CONSUMPTION OF MEDIUM- AND HEAVY-DUTY VEHICLES, the National Academies Press, Washington, DC, 2010.

[9] William F. Schmitt, AlexandreSzklo, Roberto Schaeffer., "***Policies for improving the efficiency of the Brazilian light-duty vehicle fleet and their implications for fuel use, greenhouse gas emissions and land use***", 2011.

[10] Helsinkith counting and Reporting System Kari Mäkelä for Transport and Logistics Sector INTERACTION Seminar, September 14Energy and Environmental Ac www.ifon.com, 2007.

[11] EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2006a. Fuel EconomyLabeling of Motor Vehicles: Revisions to Improve Calculation Fuel Economy Estimates, Final technical support document. 40 CFRParts 86 and 600 [EPA-HQ-OAR-2005-0169; FRL-8257-5].Federa Register: Dec. 27, 2006 (Vol. 71, No. 248): Rules and Regulations Pp. 77871-77969.

[12] Merrion, Heavy Duty Diesel Emissions, Fifty Years, 1960-2010. Proceedings of the 2002 Fall Technical Conference of the ASME Internal Combustion Engine Division, New Orleans, La., Sept. 8-11. New York: American Society of Mechanical Engineers, 2002.

[13] Englar, The application of pneumatic aerodynamic technology to improve drag reduction, performance, safety, and control of advanced automotive vehicles. Proceedings of the 2004 NASA/ONR Circulation Control Workshop, 2004.

[14] Barth, M., Younglove, T., Scora, G., 2005, "***Development of a heavy-duty diesel modal emissions and fuel consumption model.Tech***". Rep. UCB-ITS-PRR-2005-1, California PATH Program, Institute of Transportation Studies, University of California at Berkeley.

ضمایم

تقاضای شهر کرمانشاه و سلفچگان

t	salafcheg...
m	s	
mounths_01		
mounths_02		
mounths_03		
mounths_04		
mounths_05		
mounths_06	64	220
mounths_07	64	328
mounths_08	64	241
mounths_09	64	25
mounths_10		
mounths_11		
mounths_12		
mounths_13		
mounths_14	64	435
mounths_15	64	30
mounths_16	64	106
mounths_17	64	172
mounths_18	64	3
mounths_19		
mounths_20		
mounths_21		
mounths_22		
mounths_23		

t	kermanshah
m	s	
mounths_01	32	46
mounths_02	32	42
mounths_03	32	81
mounths_04	32	162
mounths_05	32	152
mounths_06	32	145
	56	57
mounths_07	32	16
	56	263
mounths_08	56	173
mounths_09	56	170
mounths_10	56	60
mounths_11	56	86
mounths_12	32	19
mounths_13	32	148
mounths_14	32	43
	56	159
mounths_15	56	207
	64	14
mounths_16	32	17
	56	97
mounths_17	32	99
	56	101
mounths_18		
mounths_19	56	84
mounths_20	56	81
mounths_21	32	67
	56	11
mounths_22	32	44
	56	73
mounths_23	32	70

عرضه کارخانجات در شهرهای مختلف (اسپادانا و کوهپایه در اصفهان و شرکت صفا در ساوه)

b	espadana
m	s	
mounths_01	32	46
mounths_02	32	42
mounths_03	32	81
mounths_04	32	162
mounths_05		
mounths_06		
mounths_07		
mounths_08		
mounths_09		
mounths_10		
mounths_11		
mounths_12		
mounths_13		
mounths_14		
mounths_15		
mounths_16		
mounths_17		
mounths_18		
mounths_19		
mounths_20		
mounths_21		
mounths_22		
mounths_23		

b	safa
m	s	
mounths_01		
mounths_02		
mounths_03		
mounths_04		
mounths_05		
mounths_06	64	220
mounths_07	64	328
mounths_08	64	241
mounths_09	64	25
mounths_10		
mounths_11		
mounths_12		
mounths_13		
mounths_14	64	435
mounths_15	64	44
mounths_16	64	106
mounths_17	64	172
mounths_18	64	3
mounths_19		
mounths_20		
mounths_21		
mounths_22		
mounths_23		

b	kohpaye
m	s	
mounths_01		
mounths_02		
mounths_03		
mounths_04		
mounths_05	32	152
mounths_06	32	145
mounths_07	32	16
mounths_08		
mounths_09		
mounths_10		
mounths_11		
mounths_12	32	19
mounths_13	32	148
mounths_14	32	43
mounths_15		
mounths_16	32	17
mounths_17	32	99
mounths_18		
mounths_19		
mounths_20		
mounths_21	32	67
mounths_22	32	44
mounths_23	32	70

b	salafchegan
m	s	
mounths_01		
mounths_02		
mounths_03		
mounths_04		
mounths_05		
mounths_06	56	57
mounths_07	56	263
mounths_08	56	173
mounths_09	56	170
mounths_10	56	60
mounths_11	56	86
mounths_12		
mounths_13		
mounths_14	56	159
mounths_15	56	207
mounths_16	56	97
mounths_17	56	101
mounths_18		
mounths_19	56	84
mounths_20	56	81
mounths_21	56	11
mounths_22	56	73
mounths_23		

تأثیر جواب بهینه مدل کمترین میزان مصرف سوخت به همراه تأثیر برخی سیاست‌ها و ابزارهای منفرد در بخش‌های به ترتیب سیستم، خودرو و رانندگان در ۲۳ ماه فعالیت شرکت به‌صورت زیر آمده است.

ماه	میزان مصرف سوخت برحسب لیتر با یک دپو در سلفچگان	میزان مصرف سوخت برحسب لیتربا دو دپو در سلفچگان و اصفهان	فعالیت‌های بازاریابی	GPS
1	21975.80205	17495.70278	15383.06144	3296.370308
2	20064.86274	15974.33732	14045.40392	3009.729411
3	38696.521	30807.65055	27087.5647	5804.47815
4	77393.04201	61615.3011	54175.12941	11608.9563
5	72615.69374	57811.88746	50830.98562	10892.35406
6	92280.16403	78158.11199	64596.11482	13842.0246
7	80954.11439	79295.14269	56667.88007	12143.11716
8	46596.65662	46582.26996	32617.65963	6989.498493
9	34248.36328	34248.36328	23973.8543	5137.254492
10	11607.52976	11607.52976	8125.270832	1741.129464
11	16637.45932	16637.45932	11646.22152	2495.618898
12	9115.063901	7264.588116	6380.544731	1367.259585
13	71001.55039	56587.31796	49701.08527	10650.23256
14	79722.51815	62234.63756	55805.76271	11958.37772
15	47506.09715	47506.09715	33254.26801	7125.914573
16	32689.02605	31033.33719	22882.31824	4903.353908
17	76967.08658	66777.33742	53876.96061	11545.06299
18	163.243475	163.243475	114.2704325	24.48652125
19	16250.54166	16250.54166	11375.37916	2437.581249
20	15670.16517	15670.16517	10969.11562	2350.524776
21	34270.64088	27745.2789	23989.44862	5140.596132
22	35231.06357	30945.75123	24661.7445	5284.659536
23	33441.4379	26623.89554	23409.00653	5016.215685
مجموع	965098.6438	839035.9476	675569.0507	144764.7966
صرفه‌جویی در سوخت (لیتر)		126062.6962	289529.5931	144764.7966
صرفه‌جویی در سوخت سالانه (لیتر)		65771.84151	151058.9182	75529.45908
میزان کاهش سالانه هزینه مصرف سوخت (تومان)		9865776.227	22658837.72	11329418.86
هزینه تکنولوژی		250000000	100000000	38000000
payback period		25.34012471	4.413289032	3.354099664
سود در ۱۰ سال	0	-151342237.7	126588377.2	75294188.62

ماه	TIME WINDOW	مدیریت ترافیک که منجر به افزایش سرعت متوسط ناوگان می‌شود ونوسان سرعت را کاهش می‌دهد (سرعت متوسط به۸۰ برسد)	مدیریت ترافیک که منجر به افزایش سرعت متوسط ناوگان می‌شود ونوسان سرعت را کاهش می‌دهد (سرعت متوسط به ۹۵برسد)	مدیریت ترافیک که منجر به افزایش سرعت متوسط ناوگان می‌شود و نوسان سرعت را کاهش می‌دهد (سرعت متوسط به۱۰۴رسد)
1	21975.80205	21494.47032	20810.74959	21851.28707
2	20064.86274	19625.38594	19001.11919	19951.17515
3	38696.521	37848.9586	36645.01558	38477.26636
4	77393.04201	75697.9172	73290.03117	76954.53273
5	72615.69374	71025.20626	68765.95517	72204.25293
6	92280.16403	92280.16403	87387.90882	91757.30426
7	74730.01829	76544.54935	72352.92029	75970.5663
8	46582.26996	46230.36738	44112.69965	46318.33463
9	34248.36328	33498.22801	32432.67801	34054.31191
10	11607.52976	11353.29228	10992.15376	11541.76145
11	16637.45932	16273.05227	15755.42039	16543.19141
12	9115.063901	8915.418422	8631.826584	9063.417913
13	71001.55039	69446.41718	67237.38602	70599.25532
14	62433.61458	75059.08657	71079.81094	74633.80149
15	47506.09715	46465.5803	44987.54992	47236.92742
16	32689.02605	31973.04465	30956.00943	32503.8099
17	76392.91466	74719.69544	72342.92581	75960.0721
18	163.243475	159.6679848	154.5890827	162.3185368
19	16250.54166	15894.6092	15389.01527	16158.46603
20	15670.16517	15326.94458	14839.40758	15581.37796
21	34270.64088	33520.01767	32453.77456	34076.46329
22	35231.06357	34459.40441	33363.28022	35031.44423
23	33441.4379	32708.97657	31668.53199	33251.95859
مجموع	940997.0856	940520.4546	904650.759	949883.297
صرفه‌جویی در سوخت (لیتر)	24101.55825	24578.1892	60447.88479	15215.34684
صرفه‌جویی در سوخت سالانه (لیتر)	12574.72604	12823.40306	31538.02685	7938.441829
میزان کاهش سالانه هزینه مصرف سوخت (تومان)	1886208.907	1923510.459	4730704.027	1190766.274
هزینه تکنولوژی	0	2000000	2000000	2000000
payback period	0	1.039765597	0.422770055	1.679590733
سود در ۱۰ سال	18862089.07	17235104.59	45307040.27	9907662.743

ماه	برچسب‌گذاری خودروها	مدیریت ادعا برای بیشتر کارکردن رانندان در روز وماه توزیع مناسب بار در ماه‌ها	توزیع مناسب time widow-سرعت متوسط ۹۵ - یک دپو -GPS-فعالیت‌های بازاریابی- برچسب‌گذاری یا جواب بهینه در بخش سیتم
1	1538.306144	41417.71092	21703.46103
2	1404.540392	41417.71092	21703.46103
3	2708.75647	41417.71092	21703.46103
4	5417.512941	41417.71092	21703.46103
5	5083.098562	41417.71092	21703.46103
6	6459.611482	41417.71092	21703.46103
7	5666.788007	41417.71092	21703.46103
8	3261.765963	41417.71092	21703.46103
9	2397.38543	41417.71092	21703.46103
10	812.5270832	41417.71092	21703.46103
11	1164.622152	41417.71092	21703.46103
12	638.0544731	41417.71092	21703.46103
13	4970.108527	41417.71092	21703.46103
14	5580.576271	41417.71092	21703.46103
15	3325.426801	41417.71092	21703.46103
16	2288.231824	41417.71092	21703.46103
17	5387.696061	41417.71092	21703.46103
18	11.42704325	41417.71092	21703.46103
19	1137.537916	41417.71092	21703.46103
20	1096.911562	41417.71092	21703.46103
21	2398.944862	41417.71092	21703.46103
22	2466.17445	41417.71092	21703.46103
23	2340.900653	40308.94039	21122.44973
مجموع	67556.90507	951498.5806	498598.5924
صرفه‌جویی در سوخت (لیتر)	67556.90507	13600.06319	466500.0514
صرفه‌جویی در سوخت سالانه (لیتر)	35247.0809	7095.685141	243391.3312
میزان کاهش سالانه هزینه مصرف سوخت (تومان)	5287062.136	1064352.771	36508699.68
هزینه تکنولوژی	2500000	0	142500000
payback period	0.472852396	0	3.903179277
سود در ۱۰ سال	50370621.36	10643527.71	222586996.8

ماه	میزان مصرف سوخت برحسب لیتر با یک دپو در سلفچگان	(Cab Roof Fairings)	Trailer Side Skirts	Trailer Rear Fairings
1	21975.80205	1538.306144	1098.790103	219.7580205
2	20064.86274	1404.540392	1003.243137	200.6486274
3	38696.521	2708.75647	1934.82605	386.96521
4	77393.04201	5417.512941	3869.652101	773.9304201
5	72615.69374	5083.098562	3630.784687	726.1569374
6	92280.16403	6459.611482	4614.008202	922.8016403
7	80954.11439	5666.788007	4047.70572	809.5411439
8	46596.65662	3261.765963	2329.832831	465.9665662
9	34248.36328	2397.38543	1712.418164	342.4836328
10	11607.52976	812.5270832	580.376488	116.0752976
11	16637.45932	1164.622152	831.872966	166.3745932
12	9115.063901	638.0544731	455.7531951	91.15063901
13	71001.55039	4970.108527	3550.07752	710.0155039
14	79722.51815	5580.576271	3986.125908	797.2251815
15	47506.09715	3325.426801	2375.304858	475.0609715
16	32689.02605	2288.231824	1634.451303	326.8902605
17	76967.08658	5387.696061	3848.354329	769.6708658
18	163.243475	11.42704325	8.16217375	1.63243475
19	16250.54166	1137.537916	812.527083	162.5054166
20	15670.16517	1096.911562	783.5082585	156.7016517
21	34270.64088	2398.944862	1713.532044	342.7064088
22	35231.06357	2466.17445	1761.553179	352.3106357
23	33441.4379	2340.900653	1672.071895	334.414379
مجموع	965098.6438	67556.90507	48254.93219	9650.986438
صرفه‌جویی سالانه در مصرف سوخت (تومان)		5287062.136	3776472.954	755294.5908
هزینه تکنولوژی		300000	400000	80000
payback period(years)		4.652867579	8.685352814	8.685352814
سود در ۱۰ سال		28270621.36	4964729.541	992945.9081

ماه	Adjustable Cab Roof Deflectors	نوع تایرها در فصول مختلف لاستیک‌های آج‌دار	نوع چرخ‌ها	فنی خودروها
1	659.2740615	1538.306144	879.032082	879.032082
2	601.9458822	1404.540392	802.5945096	802.5945096
3	1160.89563	2708.75647	1547.86084	1547.86084
4	2321.79126	5417.512941	3095.72168	3095.72168
5	2178.470812	5083.098562	2904.62775	2904.62775
6	2768.404921	6459.611482	3691.206561	3691.206561
7	2428.623432	5666.788007	3238.164576	3238.164576
8	1397.899699	3261.765963	1863.866265	1863.866265
9	1027.450898	2397.38543	1369.934531	1369.934531
10	348.2258928	812.5270832	464.3011904	464.3011904
11	499.1237796	1164.622152	665.4983728	665.4983728
12	273.451917	638.0544731	364.602556	364.602556
13	2130.046512	4970.108527	2840.062016	2840.062016
14	2391.675545	5580.576271	3188.900726	3188.900726
15	1425.182915	3325.426801	1900.243886	1900.243886
16	980.6707815	2288.231824	1307.561042	1307.561042
17	2309.012597	5387.696061	3078.683463	3078.683463
18	4.89730425	11.42704325	6.529739	6.529739
19	487.5162498	1137.537916	650.0216664	650.0216664
20	470.1049551	1096.911562	626.8066068	626.8066068
21	1028.119226	2398.944862	1370.825635	1370.825635
22	1056.931907	2466.17445	1409.242543	1409.242543
23	1003.243137	2340.900653	1337.657516	1337.657516
مجموع	28952.95931	67556.90507	38603.94575	38603.94575
صرفه‌جویی سالانه در مصرف سوخت (تومان)	2265883.772	5287062.136	3021178.363	3021178.363
هزینه تکنولوژی	300000	500000	4000000	100000
payback period(years)	10.85669102	7.754779299	108.5669102	2.714172754
سود در ۱۰ سال	-1941162.276	11870621.36	-297788216.4	22011783.63

ماه	سیاست نوسازی ناوگان با ماشین‌های دیزلی	سیاست نوسازی ناوگان با ماشین‌های پلاگین هیبریدی	سیاست نوسازی ناوگان با ماشین‌های هیبریدی	آیرودینامیک آینه‌ها	سیاست‌های ۱-۲-۳-۵-۷-۱۱-۱۲ یا جواب بهینه در بخش خودروها
1	6592.740615	17580.64164	13185.48123	274.6975256	2597.539802
2	6019.458822	16051.89019	12038.91764	250.8107843	2371.666776
3	11608.9563	30957.2168	23217.9126	483.7065125	4573.928782
4	23217.9126	61914.43361	46435.82521	967.4130251	9147.857566
5	21784.70812	58092.55499	43569.41624	907.6961718	8583.175
6	27684.04921	73824.13122	55368.09842	1153.50205	10907.51539
7	24286.23432	64763.29151	48572.46863	1011.92643	9568.776321
8	13978.99699	37277.3253	27957.99397	582.4582078	5507.724812
9	10274.50898	27398.69062	20549.01797	428.104541	4048.15654
10	3482.258928	9286.023808	6964.517856	145.094122	1372.010018
11	4991.237796	13309.96746	9982.475592	207.9682415	1966.547692
12	2734.51917	7292.051121	5469.038341	113.9382988	1077.400553
13	21300.46512	56801.24031	42600.93023	887.5193799	8392.383256
14	23916.75545	63778.01452	47833.51089	996.5314769	9423.201645
15	14251.82915	38004.87772	28503.65829	593.8262144	5615.220683
16	9806.707815	26151.22084	19613.41563	408.6128256	3863.842879
17	23090.12597	61573.66926	46180.25195	962.0885823	9097.509634
18	48.9730425	130.59478	97.946085	2.040543438	19.29537875
19	4875.162498	13000.43333	9750.324996	203.1317708	1920.814024
20	4701.049551	12536.13214	9402.099102	195.8770646	1852.213523
21	10281.19226	27416.5127	20562.38453	428.383011	4050.789752
22	10569.31907	28184.85086	21138.63814	440.3882946	4164.311714
23	10032.43137	26753.15032	20064.86274	418.0179738	3952.77796
مجموع	289529.5931	772078.9151	579059.1863	12063.73305	114074.6597
صرفه‌جویی سالانه در مصرف سوخت (تومان)	22658837.72	60423567.27	45317675.45	944118.2385	15794952.88
هزینه تکنولوژی	35000000	120000000	80000000	20000	110000000
payback period(years)	58.69674412	75.46724244	67.08199328	1.737070563	6.964249962
سود در ۱۰ سال	-1103411623	-3955764327	-2586823246	7801182.385	157949521.8

ماه	استفاده مناسب از کولر و بخاری	تعیین دنده مناسب	رعایت سرعت بهینه وسیله نقلیه	استفاده از همه سیاست‌ها در این زمینه یا جواب بهینه در بخش رانندگان
1	879.032082	1098.790103	1098.790103	11691.1267
2	802.5945096	1003.243137	1003.243137	10674.507
3	1547.86084	1934.82605	1934.82605	20586.5492
4	3095.72168	3869.652101	3869.652101	41173.0983
5	2904.62775	3630.784687	3630.784687	38631.5491
6	3691.206561	4614.008202	4614.008202	49093.0473
7	3238.164576	4047.70572	4047.70572	43067.5889
8	1863.866265	2329.832831	2329.832831	24789.4213
9	1369.934531	1712.418164	1712.418164	18220.1293
10	464.3011904	580.376488	580.376488	6175.20583
11	665.4983728	831.872966	831.872966	8851.12836
12	364.602556	455.7531951	455.7531951	4849.214
13	2840.062016	3550.07752	3550.07752	37772.8248
14	3188.900726	3986.125908	3986.125908	42412.3797
15	1900.243886	2375.304858	2375.304858	25273.2437
16	1307.561042	1634.451303	1634.451303	17390.5619
17	3078.683463	3848.354329	3848.354329	40946.4901
18	6.529739	8.16217375	8.16217375	86.8455287
19	650.0216664	812.527083	812.527083	8645.28816
20	626.8066068	783.5082585	783.5082585	8336.52787
21	1370.825635	1713.532044	1713.532044	18231.9809
22	1409.242543	1761.553179	1761.553179	18742.9258
23	1337.657516	1672.071895	1672.071895	17790.845
مجموع	38603.94575	48254.93219	48254.93219	513432.479
صرفه‌جویی سالانه در مصرف سوخت (تومان)	3021178.363	3776472.954	3776472.954	40181672.2
هزینه تکنولوژی در یک سال	1510589.182	1888236.477	1888236.477	20090836.1
payback period(years)	0.5	0.5	0.5	0.5
سود در ۱۰ سال	15105891.82	18882364.77	18882364.77	200908361