ارائه مدلی جهت توزیع مجدد یک خودروی سبک سازمانی میان رده‌ها (مطالعه موردی: خودروی تویوتا در یکی از سازمان‌های نظامی)

مسعود مصدق خواه[۱]، شهرام علی‌یاری[۲]، حسین غفاری توران[۳]، سعید قدمیان مقدم[۴*]

دانشگاه جامع امام حسین (ع)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۰۵
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۱۳

چکیده

از جمله موضوعات مهم در مهندسی صنایع، لجستیک و زنجیره تأمین می‌توان به توزیع اشاره کرد که تمام سازمان‌ها در رده‌های بالایی خود با آن در ارتباط بوده و به‌دنبال حالتی بهینه در توزیع امکانات و تجهیزات میان رده‌ها هستند. عموماً مشاهده می‌شود که اگر معیار مناسبی برای تخصیص تجهیزات به رده‌ها وجود نداشته باشد، این عمل به‌خوبی صورت نپذیرفته و رده‌هایی که دارای قدرت چانه‌زنی بیشتری هستند، تجهیزات و امکانات بهتری را دریافت می‌کنند. در این حالت باید تجهیزات را جمع‌آوری کرده و با مکانیزمی صحیح دوباره بین رده‌ها توزیع کرد. در این تحقیق مدلی طراحی شد تا از طریق آن بتوان خودروهای سبکی که شرایط متفاوتی با یکدیگر دارند را به رده‌هایی که آنها هم از نظر موقعیت و شرایط متفاوت هستند تخصیص داد. برای اینکه بتوان این خودروهای با شرایط متفاوت را مورد مقایسه و بررسی قرار داد، از مفهومی به نام آمادگی استفاده شده‌است. طبق مدل، تخصیص به رده‌ها به گونه‌ای صورت می‌پذیرد که میزان آمادگی خودرویی رده‌ها بیشینه شود. در پایان، مدل در یکی از سازمان‌های نظامی مورد مطالعه قرار گرفته و توسط نرم‌افزار CPLEX 12.5 حل شد.

واژه‌های کلیدی: توزیع مجدد، تخصیص مجدد، آمادگی، خودروی سبک، لجستیک معکوس.

۱- مقدمه

تجهیزات در هر سازمانی وجوددارند و شرایط این تجهیزات پس از مدتی تغییر می‌کند. علاوه‌بر تغییر شرایط تجهیز، شرایط رده از جمله مأموریت‌های رده نیز ممکن است تغییر کند و این موضوع در نوع تجهیزات مورد نیاز رده تأثیر دارد. یکی از تجهیزات پرکاربرد در سازمان‌ها خودروها هستند.

خودروها به‌دلیل پیچیده بودن سیستم‌های داخلی و تعداد زیاد قطعات ممکن است به دلایل بسیاری معیوب شده و از آنها به‌عنوان تجهیز بلااستفاده یاد شود که این بلااستفاده بودن ممکن است با انجام عملیات خاصی مانند تعمیر یا بازسازی برطرف شده و خودرو به حالت آماده به‌کار برگردد و یا اینکه به‌طور کل، خودرو از رده خارج شود. بنابراین شرایط متفاوتی که خودروها در طول زمان و استفاده مکرر اتخاذ می‌کنند موجب می‌شود تا در بعضی مقاطع زمانی نیاز به جمع‌آوری تجهیزات و توزیع مجدد آنها احساس شود. این احساس نیاز در برخی موارد به موجب توزیع نادرست تجهیزات میان رده‌ها به‌وجود می‌آید. بنابراین اگر تجهیزات براساس معیارهای نادرست میان رده‌ها توزیع شده باشند یا پس از مدتی استفاده شرایط متفاوتی را اتخاذ کنند ممکن است نیاز به توزیع مجدد پیدا کنند. در ابتدا توضیحی در مورد واژه توزیع مجدد داده می‌شود تا مشخص گردد که موارد کاربرد آن کجاست.

۱- دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، پست الکترونیک: mmkh1342@yahoo.com
۲- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، پست الکترونیک: aliyari1358@yahoo.com
۳- کاندید دکترای مهندسی صنایع و مدیر کمیته آماد مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، پست الکترونیک: h.ghaffari@chmail.com
۴*- کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، نویسنده مسئول، پست الکترونیک: saeedghadamian@yahoo.com، نشانی: نهران، اتوبان شهید بابایی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی صنایع.

۱-۱- کاربرد توزیع مجدد

همان‌گونه‌که از نام این واژه برمی‌آید، توزیع مجدد توزیعی است که پس از جمع‌آوری کالا، سرمایه و دیگر مفاهیمی که قابل توزیع باشند، مجدد اتفاق می‌افتد. به‌عنوان مثال در زمینه اقتصاد با جمع‌آوری سرمایه از ثروتمندان آن را دوباره طوری توزیع می‌کنند تا قشر کم درآمد جامعه از آن بهره بیشتری ببرند و یکی از شاخص‌ترین مصداق‌های این عمل دریافت مالیات بیشتر از صاحبان سرمایه است.

در لغت‌نامه مریام-وبستر[1] این معنی برای توزیع مجدد ذکر شده است: تقسیم بعضی چیزها بین یک گروه با شیوه‌ای متفاوت. حال این شیوه متفاوت می‌تواند تغییر در شیوه توزیع بوده و یا اینکه توزیع به مناطق دیگر باشد. در این لغت‌نامه از کلمه تخصیص مجدد[2] به‌عنوان کلمه‌ای که کاربرد یکسانی با توزیع مجدد دارد یاد شده است. به همین دلیل در بخش مرور ادبیات، هم موضوع تخصیص و هم توزیع مورد بررسی قرار گرفته است. با جستجو در پژوهش‌های انجام شده می‌توان دریافت که واژه توزیع مجدد بیشتر در مقالات اقتصادی کاربرد دارد که عموماً در قالب موضوعاتی همچون توزیع مجدد سرمایه، توزیع مجدد درآمد، توزیع مجدد منابع مالی و غیره به‌کارگیری می‌شود. اما در صنعت لجستیک هم واژه توزیع مجدد مفهوم عمیقی را در بر دارد، که به‌صورت کاربردی کم به آن پرداخته شده است.

۱-۲- توزیع مجدد در صنعت

علاوه‌بر معنایی که در لغت‌نامه برای واژه توزیع مجدد ذکر شده است، این واژه در صنعت به‌گونه‌ای دیگر هم مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً در سازمان‌های بزرگ پیش‌بینی نیاز بازار و تقاضا در ابتدا صورت می‌پذیرد. اما از آنجایی که همیشه ممکن است تلورانسی در این میزان تقاضاها بین فروشگاه‌ها و انبارهای مختلف رخ دهد، محصولات از انبارها و فروشگاه‌ها دوباره به سمت نقاط تقاضا توزیع می‌شوند. این عمل در صنعت، توزیع مجدد نام دارد. در ادامه به برخی موارد مرتبط با این موضوع اشاره می‌شود.

شرکت MBM در سال ۱۹۴۷ شروع به توزیع بسته‌های کوچک گوشت بین رستوران‌ها کرد و در حال حاضر پس از پیشرفت‌های فراوان یکی از بزرگ‌ترین توزیع کننده‌های غذایی در زنجیره رستوران‌ها می‌باشد، به‌طوری‌که درآمد سالیانه آن ۷ میلیارد دلار می‌باشد. در این شرکت محصولات معمولاً در مقادیر بالا خریداری شده و بین مراکز توزیع متعددی که دارد توزیع می‌شوند. براساس تقاضای متغیر منطقه‌ها، یک سری توزیعات مجددی از یک مرکز توزیع به دیگر مراکز ممکن است اتفاق بیفتد. این شرکت که دارای مراکز توزیع متعددی می‌باشد، به‌صورت علمی می‌داند که چه زمان، چرا و کجا توزیع مجدد داخلی را انجام دهد تا کرایه‌های حمل کاهش یابد. این شرکت اخیراً از مراکز توزیعی که در شهرهای تکزاس، کارولینای شمالی، ایلینویس، جورجیا و کالیفرنیا دائر هستند برای توزیع مجدد استفاده می‌کند.

شرکت‌های بزرگی همچون نستل و کالیکو که به ترتیب حدود ۱۵۰ و ۵۰ سال سابقه دارند نیز از توزیع مجدد در زنجیره تأمین خود استفاده می‌کنند. سیاست شرکت نستل که هم اکنون بزرگ‌ترین شرکت غذایی با متنوع‌ترین انواع غذا می‌باشد تمرکززدایی است و در اکثر کشورها کارخانه تولیدی دارد و بین انبارهای آن در هر کشور توزیع مجدد رخ می‌دهد. شرکت کالیکو هم با داشتن راهبردی کمتر از بار کامیون عمل توزیع و توزیع مجدد را به‌عنوان طرف سوم متقبل شده و از همین طریق مشتریان زیادی را جذب نموده است.

در این مقاله توزیع مجدد براساس معنای لغوی که در ابتدا بیان شد، به‌کارگیری می‌شود، بدین‌گونه‌که اطلاعات خودروهای باشرایط خاص (معیوب یا بلااستفاده) جمع‌آوری شده و پس از انجام عملیات تعمیر، بازسازی و جایگزینی عملیات توزیع مجدد میان رده‌ها صورت می‌پذیرد.

۲- مرور ادبیات

در توزیع مجدد یا تخصیص مجدد هم به‌نوعی عملیات توزیع و تخصیص رخ می‌دهد. در نتیجه در این بخش، مرور ادبیات توزیع و تخصیص هم در نظر گرفته شده‌اند. در بعضی مقالات با موضوع لجستیک معکوس و زنجیره تأمین بسته، موضوع توزیع مجدد هم مورد مطالعه قرار گرفته است اما به آن به‌صورت کاربردی پرداخته نمی‌شود. به‌عنوان مثال در مقاله ازکیر و باسلیجیل[3][۱]، برای لجستیک معکوس، سه رده در نظر گرفته شده است:

۱- فاز جمع‌آوری که به جمع‌آوری محصولاتی که عمر آنها به پایان رسیده است می‌پردازد.

۲- فاز بازیابی یا بهبود به بررسی و بازیابی محصولات برگشتی می‌پردازد.

1- Merriam-Webster
2- Reallocate
3- Özkir & Basligil

جدول (۱): دسته‌بندی و خلاصه‌ای از تحقیقات انجام گرفته پیرامون موضوع

ردیف	سال	نویسندگان	حالت تصمیم‌گیری		تعداد اهداف		روش حل				
			قطعی	غیرقطعی	تک هدفه	چند هدفه	مطالعه موردی	دقیق	فرا ابتکاری	بر پایه سناریو	شبیه‌سازی
۱	۲۰۱۴	گو و کونیترز[۲]	☑			☑					
۲	۱۹۹۸	درور و همکاران[۳]	☑		☑		☑	☑	☑		
۳	۲۰۱۵	مقدم[۱] [۴]		☑		☑		☑			
۴	۱۳۹۲	سیف برقی و یزدانی‌فرد[۵]		☑		☑	☑	☑			
۵	۱۳۹۰	محتشمی و خاتمی فیروزآبادی[۶]	☑		☑		☑				☑
۶	۱۳۹۱	لطفی و همکاران[۷]	☑		☑		☑	☑			
۷	۱۳۹۰	کاظمی و همکاران[۸]	☑			☑	☑	☑			
۸	۱۳۹۰	کهنسال نودهی و صفارزاده[۹]	☑		☑		☑	☑			
۹	۱۳۹۰	شایگان و همکاران[۱۰]	☑			☑	☑		☑		
۱۰	۱۳۹۱	توکلی و محمدی[۱۱]		☑	☑		☑	☑			
۱۱	۱۳۸۸	شریعت و اعتصام[۱۲]	☑		☑		☑	☑			
۱۲	۱۳۹۴	تحقیق حاضر	☑		☑		☑	☑			

۳- فاز توزیع مجدد که توزیع مجدد محصولات بازیابی شده را در نظر می‌گیرد.

با بررسی بیشتر این مقالات این‌گونه استنباط می‌شود که مفروضات مسئله بسیار بالا بوده و اینکه مقالات صرفاً جنبه مدل‌سازی قوی و روش‌های حل قوی دارند. اما در عمل و کاربرد، موضوع توزیع یا تخصیص مجدد موضوعی است که باید به‌صورت ریشه‌ای بررسی شود. آیا مشتری از تخصیص هر کالا با هر کیفیتی رضایت‌مند است؟ در نتیجه باید مطالعه شود، کالاهایی که شرایط متفاوت دارند چگونه و به چه مشتریانی که آنها هم شرایط متفاوت دارند تخصیص یابند.

گو و کونیتزر[۱] (۲۰۱۴) در تحقیقی به موضوع توزیع مجدد با تخصیص ناکارآمد پرداختند. در این تحقیق آمده است که روش ویکری-کلارک-گروز (VCG)[۲] برای مسئله تخصیص یک یا چند چیز بین گروهی از عوامل (رده‌های) رقیب، از نظر راهبردی، قابل اثبات و کارآمد می‌باشد. در بسیاری از مسائل، هدف بیشینه کردن کارایی مجموع رده‌ها است. این روش از نظر بالانس بودجه‌ای، کارآمدی زیادی ندارد. در این تحقیق مکانیزم‌های توزیع مجدد VCG متعددی پیشنهاد شده است که عموماً از نظر راهبردی قابل اثبات هستند. محقق در این مقاله می‌نویسد که متأسفانه در برخی مواقع بعضی از بهترین مکانیزم‌های توزیع مجدد پرداختی‌ها جواب نمی‌دهند و این مسئله موجب کاهش کارایی رده‌ها می‌شود، حتی اگر اقلام، به‌صورت کارآمد تخصیص داده شوند. به همین دلیل آنها تکنیک‌های بهینه‌سازی را معرفی کردند که به‌طور همزمان یک مکانیزم تخصیص خطی و یک اصول توزیع مجدد پرداخت ارائه دهد که هر دو بهینه باشند[۲].

درور[۳] و همکاران[۳] (۱۹۹۸) در تحقیقی مسئله توزیع مجدد خودروهای الکتریکی که در اماکن عمومی جهت استفاده شخصی قرار داده می‌شود را از منظر دریافت و تحویل مورد بررسی قرار دادند. در این مقاله آمده است که اگر در یک محیط شهری، خودروهای الکتریکی جهت استفاده رایگان برای عموم در جایگاه‌های خاصی قرار بگیرد، به‌صورت دوره‌ای باید این خودروها میان جایگاه‌ها توزیع مجدد شوند که این مسئله توسط ناوگان حمل کمتر

1- Guo & Conitzer
2- Vickrey-Clarke-Groves
3- Dror

از بار کامیون[1] (LTL) انجام می‌گیرد. در این مقاله عمل توزیع مجدد براساس سیاست LTL، دریافت و تحویل با در نظر گرفتن مسیرهای غیرساده و همچنین با در نظر گرفتن دریافت و تحویل دوبخشی مدل‌سازی شده است. در این مقاله، از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته استفاده شده و از روش آزادسازی لانگارنژ[2] و روش ابتکاری جهت حل مسئله استفاده شده است.

در جدول (۱) دسته‌بندی و خلاصه‌ای از تحقیقات انجام گرفته پیرامون موضوع به‌همراه حالات تصمیم‌گیری، تعداد اهداف و روش حل هر کدام ذکر شده است.

۳- توضیح برخی مفاهیم به‌کار رفته در مدل

۳-۱- آمادگی

در دنیای واقعی به سادگی نمی‌توان آمادگی یک تجهیز را مشخص کرد و گزارش آمادگی براساس وضعیت، پیچیدگی‌های خاصی دارد. ابتدا، باید کل اقلام و تجهیزات را به‌صورت مجموعه‌ای از سیستم‌ها، زیرسیستم‌ها و اجزا دید. بدین ترتیب رکن اطلاعاتی ضروری در مورد آمادگی تجهیزات، شناخت سیستم‌های تجهیزاتی یا زیرسیستم‌ها (وگاهی اجزایی) است که کاملاً برای انجام مأموریت یا مأموریت‌های محوله مورد نیاز هستند. معمولاً شناخت سیستم‌ها، زیرسیستم‌ها یا اجزای ضروری برای انجام مأموریت، توسط رده‌های بالای سازمان که دارای صلاحیت هستند صورت می‌گیرد.

شناسایی فهرست این اجزای ضروری را می‌توان در یگان‌ها یا فرماندهی ارشد یافت. این صورت یا فهرست باید کاملاً معلوم و به‌گونه‌ای باشد که مدیر بخش نگهداری کاملاً با آن آشنا باشد تا بتواند براساس مأموریت، دستورالعمل اولویت‌ها را در بخش تدارکات مشخص کند.

۳-۱-۱- نرم‌افزار محاسبه آمادگی خودرو

در سال ۱۳۹۰، پروژه‌ای برای یکی از سازمان‌های نظامی انجام شده و نرم‌افزار محاسبه میزان آمادگی برای آن سازمان طراحی و به‌کارگیری گردید. مقاله[۱۳] توضیح مناسبی از این نرم‌افزار و چگونگی محاسبه میزان آمادگی تجهیزات که خودرو هم جزء آن می‌باشد، ارائه می‌دهد. در این مقاله آمده است که تجهیزات در حال آماده به کار، برحسب نوع طراحی و مأموریت، به زیرسیستم‌های اصلی تقسیم گردیده و از سیستم خبره فازی برای تعیین وضعیت زیرسیستم‌ها استفاده شده است.

۳-۱-۲- سنجش آمادگی تجهیزات با استفاده از تجمیع میزان آمادگی زیر سیستم‌ها

در این روش برای تعیین میزان آمادگی تجهیز باید کل تجهیزات را به‌صورت مجموعه‌ای از سیستم‌ها، زیرسیستم‌ها و اجزاء دید. محاسبه میزان آمادگی تجهیزات به‌صورت سلسله مراتبی انجام می‌شود و وزن‌دهی براساس اهمیت هر بخش در آمادگی کل حاصل می‌شود. تجهیزاتی به لحاظ عملیاتی آماده محسوب می‌شوند که قابلیت اطمینان لازم را دارا بوده و بتوانند مأموریت‌های واحد را انجام دهند.

آمادگی در هر گره براساس سه مقدار کارشناسی، محاسبات کارشناسی و محاسبات اولیه انجام می‌شود. در هر گره مقدار کارشناسی توسط خبره مربوطه وارد می‌شود و از اعداد پایین‌تر به دست نمی‌آید. البته درصورتی‌که کاربر عدد کارشناسی را وارد نکند به‌طور پیش فرض مقدار محاسبات اولیه (یعنی نظر ارزیاب که با توجه به چک لیستی مدون جمع‌آوری می‌گردد)، در آن قرار می‌گیرد. در هر گره مقدار محاسبات کارشناسی از مقدار کارشناسی‌های گره‌های زیرسیستم‌هایش (گره‌های فرزند) به‌دست می‌آید و مقدار محاسبات اولیه نیز از روی مقدار محاسبات اولیه گره‌های زیرسیستم‌هایش(گره‌های‌فرزند)به‌دست می‌آید. در محاسبات کارشناسی و محاسبات اولیه، مقدار آمادگی هر گره روی درخت تجهیز با توجه به مقدار آمادگی گره‌های زیرمجموعه آن به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{آمادگی گره} = \begin{cases} 0 & \text{اگر مقدار آمادگی یکی از اجزا صفر باشد :} \\ \sum(\text{مقدار آمادگی جزء}) \times (\text{وزن جزء}) & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \quad (۱)$$

با توجه به رابطه (۱) اگر جزء معیوب باشد و یا از تستی که برای آن طراحی شده است موفق بیرون نیاید، آمادگی صفر را اتخاذ کرده و آمادگی بخشی که به آن تعلق دارد را صفر می‌کند. یک خودروی سبک را می‌توان به طرق مختلفی به بخش‌های آن تقسیم کرد. براساس مستندات موجود در سازمان نظامی و تحقیقات گذشته[۱۳]و[۱۴]، دسته‌بندی مجموعه‌ها یا بخش‌های یک خودروی سبک در جدول (۲) ذکر شده است. بر طبق اطلاعات نرم‌افزار که نتیجه کار خبرگی می‌باشد وزن هر بخش و میزان تأثیر آن در آمادگی برای خودروهای سبک به شرح جدول زیر می‌باشد.

1- Less than Truck Load
2- Lagrangian Relaxation
3- Moghaddam

جدول (۲): میزان تأثیر مجموعه و زیرمجموعه‌ها در آمادگی خودروی سبک

مجموعه‌ها	میزان سهم در آمادگی خودرو	زیرمجموعه‌ها	میزان سهم در آمادگی خودرو
اتاق	۲۱	اتاق	۱۵
		کف اتاق	۶
تزئینات	۹	داشبورد- تودوزی	۴/۵
		صندلی و شیشه	۴/۵
برق	۸	کولر و بخاری	۳
		سیم‌کشی و آمپرها	۵
انتقال قدرت	۱۲	گیربکس و کمک‌گیربکس	۱۰
		سیستم کلاچ	۲
هدایت و کنترل	۷	سیستم ترمز	۳/۵
		سیستم فرمان و چرخ‌ها	۳/۵
شاسی و تعلیق	۲۰	شاسی	۷
		اکسل جلو و دیفرانسیل	۵
		اکسل عقب و دیفرانسیل	۵
		کمک فنر- فنر	۳
نیروی محرکه	۲۳	بلوک- سیلندر	۹
		سرسیلندر	۴
		سوخت رسان	۴
		برق موتور، استارت، دینام	۲
		رادیاتور – واتر پمپ	۲
		منیفولد هوا و دود	۲

لازم به ذکر است که نظرات کارشناسی براساس تست‌هایی که قبلاً طراحی شده است انجام می‌پذیرد بدین‌صورت که هر بخش از تجهیز، تست‌های منحصر به فردی دارند که کارشناس پس از انجام آن تست، تعیین می‌کند که آمادگی آن بخش براساس وزنی که دارد چه قدر است. تست‌هایی که باید برای سنجش آمادگی هر بخش انجام گیرد در جدول (۳) آورده شده‌است:

جدول (۳): تست‌هایی که جهت سنجش آمادگی یک خودروی سبک نیاز است

بخش	زیربخش	سهم (درصد)	اقدامات کلی	نشانه سالم بودن
اتاق	اتاق	۱۵	بازدید تمام قسمت‌های مختلف بدنه و کابین خودرو، اتاق، کف اتاق و درب‌های خودرو	بدنه کابین در اثر فرسودگی یا تصادف پوسیده نباشد
				اتاق و درب‌ها به دلیل فرسودگی یا تصادف پوسیده یا نافرم نشده باشد
	کف اتاق	۶		زدگی، رنگ‌پریدگی و زنگ‌زدگی در کف اتاق مشاهده نشود
تزئینات	صندلی و شیشه	۴/۵	وضعیت صندلی‌ها، شیشه‌ها، شیشه بالابرها، آینه‌ها، داشبورد و تودوزی بررسی شود	صندلی‌ها و روکش صندلی‌ها، سالم و بدون پارگی باشد
				کمربندهای ایمنی موجود و سالم باشد
				نوارها و لاستیک‌های دور شیشه‌ها و دور درب‌ها ترک نداشته باشد
				کپسول آتش نشانی موجود و تاریخ شارژ آن معتبر باشد
	داشبورد تودوزی	۴/۵		تودوزی‌ها پارگی نداشته باشد
				داشبورد دچار صدمه و پارگی نباشد

جدول (۳): (ادامه)

بخش	زیربخش	سهم (درصد)	اقدامات کلی	نشانه سالم بودن
برق	کولر و بخاری	۳	بخاری و کولر روشن شده و از عملکرد صحیح آن مطمئن شوید	رادیاتور بخاری، شیربخاری و فن‌بخاری سالم باشد
				خرابی و نقصی در سیستم کولر (کمپرسور، اپراتور، کندانسور) وجود نداشته باشد
				گاز کولر نشتی نداشته باشد
				کولر به دلیل شارژ نبودن گاز کولر، ضعیف عمل نکند
	سیم‌کشی و آمپرها	۵	باتری، آمپر آب، آمپر روغن، بقیه آمپرها، فیوزها، همه چراغ‌ها، برف‌پاک‌کن، شمع‌ها و سیم‌کشی‌ها سالم باشد	در حین حرکت خودرو در شرایط مختلف رانندگی، آمپر آب نباید از حد مجاز بالاتر باشد
				باتری باید سالم بوده و در جای خود محکم باشد، سرباتری‌ها شل نبوده و شوره نزده باشد
				فیوزها سالم بوده و به هیچ وجه از سیم به جای فیوز استفاده نشده باشد
				همه چراغ‌های جلو (نوربالا و نورپایین)، چراغ خطر، چراغ دنده عقب، چراغ ترمز و کلید راهنما سالم باشد.
				برف پاک کن و شیشه شور سالم بوده و هنگام استفاده صدای ناهنجاری ندهد
				علامت‌های برقی و به اصطلاح چراغ‌های پشت آمپر سالم باشند
				شمع‌ها، وایرشمع‌ها، کوئل و سیم‌کشی‌ها همگی موجود و در جای خود محکم باشند
انتقال قدرت	گیربکس و کمک گیربکس	۱۰	عملکرد گیربکس در دنده‌های مختلف بررسی و کمک گیربکس در حالت‌های سبک و سنگین و دنده‌های مختلف بررسی شود	دنده‌ها باید به راحتی تعویض شوند
				هنگام تعویض دنده صدا ندهد و نشتی روغن نداشته باشد
				چراغ کمک در پشت آمپر روشن باشد
	سیستم کلاچ	۲	در حالی که موتور روشن است کلاچ را گرفته و دنده را تعویض کنیم تا عملکرد کلاچ مورد بررسی قرار گیرد	جا رفتن دنده به‌طور طبیعی علامت سالم بودن کلاچ است
هدایت و کنترل	سیستم ترمز	۳/۵	ترمز و روغن ترمز بررسی شود	عملکرد ترمزدستی و سطح مخزن روغن ترمز بررسی شود (بین دو خط حداقل و حداکثر باشد)
				با سرعت ۳۵ کیلومتر اقدام به ترمز شود، به فاصله دو برابر طول خودرو باید توقف کند
	سیستم فرمان و چرخ‌ها	۳/۵	فرمان، خلاصی فرمان و روغن هیدرولیک بررسی شود	درحالی‌که موتور خاموش است سطح روغن هیدرولیک فرمان بازدید شود، سطح روغن هیدرولیک نباید پایین‌تر یا بالاتر از خط اندازه باشد
				فرمان باید درست عمل کند و مقدار خلاصی آن نباید بیش از حد مجاز باشد (رجوع شود به دستورالعمل سرویس دستگاه)
			چرخ‌ها بازدید شود	تاب نداشتن رینگ چرخ‌ها
				سالم بودن بلبرینگ‌ها و نداشتن لقی
			بررسی لاستیک‌ها	وضعیت عاج (گل) مناسب و فشار باد لاستیک‌ها در حالت سرد کنترل شود
				لاستیک ترک یا صدمه نداشته، عمق گل آن مناسب بوده و فشار باد لاستیک تنظیم باشد

جدول (۳): (ادامه)

بخش	زیربخش	سهم (درصد)	اقدامات کلی	نشانه سالم بودن
شاسی و تعلیق	شاسی	۷	یال سمت چپ، سمت راست و سر شاسی (کله شاسی)، کمر شاسی بررسی شود	شاسی در دو طرف دچار دفرمگی، اختلاف ارتفاع، شکستگی، جوش، خردگی، غر شدن و دفرمگی زاویه‌ای نشده باشد
				شاسی گریس کافی در سر عقب، سر جلو و نقاط اتصال با قطعات داشته باشد.
	اکسل جلو و اکسل عقب و دیفرانسیل	۱۰	زیر دیفرانسیل و کاسه (رینگ) جرخ بازدید شود	نشتی نداشته باشد
				چهارشاخ لقی نداشته باشد
				خودرو در هنگام حرکت لرزشی نداشته باشد
				کشویی‌های گاردان سالم بوده و گریس داشته باشد
	کمک فنر فنر	۳	فنر، کمک‌فنرهای جلو، عقب، چپ و راست کنترل شود	هیچ‌گونه شکستگی، ترک و گل و لای در فنربندی جلو و عقب نباشد
				تکان‌های خودرو در مسیرهای ناهموار نباید غیر عادی باشد
				در بدنه کمک فنر نشتی وجود نداشته باشد
نیروی محرکه	بلوک سیلندر سرسیلندر	۱۳	بررسی ظاهری سیلندر و سرسیلندر، کانال‌های آب و روغن، محل جانمایی سیلندر و سوپاپ، میزان تراشکاری و کیفیت سطح	نداشتن ترک و پینه روی بلوک سیلندر
				سیلندر تعمیری با توجه به محدوده مجاز تراشکاری شده باشد و بیش از آن باید تعویض گردد
				کانال‌های آب و روغن تخریب و ذوب نشده باشد وسالم باشد
				مکان قرارگیری سوپاپ‌ها دچار دفرمگی، سوختگی نشده باشد
				سطح بالایی سیلندر و سطح زیرین سرسیلندر دارای کیفیت مناسب باشند
	سوخت‌رسان	۴	عملکرد شیر تخلیه یا پیچ تخلیه زیر باک، درب و اطراف باک، شیلنگ‌ها، لوله‌ها، انژکتورها، سیم گاز و اتصالات بین باک تا پمپ و فیلترها را بررسی نمائید.	عملکرد باک صحیح بوده و هیچ‌گونه نشتی سوخت نداشته باشد.
				واشر باک یا واشر گلوئی دهانه سوخت گیری باک سوخت و یا پیچ تخلیه زیر باک سالم باشد
				شیلنگ‌ها نباید پوسیده باشند.
				نشانگر پشت فرمان میزان سوخت را درست نشان دهد.
				نباید اثری از نشتی سوخت، پوسیدگی، ترک، پوسته پوسته و تغییر رنگ در مدار سوخت رسانی (و یا در انژکتور و کاربراتور) دیده شود.
	برق موتور استارت دینام	۲		روشن شدن موتور و یا چرخیدن موتور ولی روشن نشدن آن هر دو حالت بیانگر سالم بودن استارت است.
				خاموش شدن چراغ دینام، هنگام روشن شدن موتور بیانگر درست کارکردن دینام است.
	رادیاتور واترپمپ	۲	سطح، غلظت و رنگ مایع خنک‌کاری در منبع انبساط و شیلنگ‌های بالا و پائین، شیر تخلیه زیر رادیاتور، بست‌ها و درب رادیاتور بازدید شود.	گلوئی واتر پمپ نشتی آب نداشته باشد.
				آب رادیاتور بین دو خط حداقل و حداکثر باشد. مجهز به مایع ضد یخ ۴۰٪ باشد.
				واشرلاستیکی درب سوپاپ باید ظاهری سالم و بدون‌زدگی داشته باشد. فنرسوپاپ را با نیروی دست حرکت دهید نباید سوپاپ گیرپاژ باشد. شبکه(پره‌ها) رادیاتور باید سالم، تمیز و بدون نشتی باشد.

جدول (۳): (ادامه)				
بخش	زیربخش	سهم (درصد)	اقدامات کلی	نشانه سالم بودن
نیروی محرکه	رادیاتور واترپمپ	۲	سالم بودن و میزان کشش تسمه‌ها (واتر پمپ، دینام و کولر) و همچنین سالم بودن پروانه کنترل شود. شیر تخلیه کنار موتور، پولک‌های بلوک سیلندر و سرسیلندر و آمپر آب بازدید شود.	رادیاتور تمیز، سالم، بدون ترک و پوسیدگی باشد. (ترک خورده و دفرمه و تغیر رنگ داده نبوده و عاری ازهرگونه خاک یا آشغال باشد.) نشتی آب نداشته و بست آنها سالم باشد. (در مناطق مرتفع از درب با فشار ۴/۰ و در مناطق کم ارتفاع- سطح دریا- از درب با فشار ۷/۰ استفاده گردد)
				تسمه پوسیدگی و ترک نداشته شل نباشد. (پوسته پوسته نشده باشد- با فشار انگشت شصت به وسط تسمه قوس بیش از ۱۰میلیمتر بیانگر شل بودن است). پروانه شکستگی، ترک، لقی و تاب نداشته باشد.
				پروانه فن در دمای مورد انتظار روشن شود
				کل سیستم خنک‌کاری باید سالم بوده و نشتی نداشته باشد
				آمپر آب نباید از حد انتظار بالاتر باشد
	منیفولد هوا و دود	۲	پیچ‌های منیفولد هوا و دود بازدید شود. مخزن و فیلتر هوا کنترل شود	همگی سالم و در جای خود محکم بوده و واشر آب‌بندی آنها سالم باشد و صدای غیر عادی که نشانه شل بودن پیچ‌ها و شکستگی می‌باشد نداشته باشد.
			مخزن و فیلتر هوا کنترل شود	کم‌توان بودن موتور و دود سیاه رنگ اگزوز به‌دلیل گرفتگی و کثیف بودن فیلتر هوای موتور است
			لوله و منبع اگزوز و غلظت گازخروجی از لوله اگزوز در دورهای متوسط کنترل شود.	ترکیدگی و سوراخ نداشته و بست‌های لاستیکی آن سالم باشد، آلودگی صوتی ایجاد نکند. گاز خروجی نباید به صورت دود غلیظ باشد. (دود سیاه علامت کثیفی فیلتر یا خرابی سوزن‌ها است، دود آبی علامت روغن سوزی است، دود سفید علامت سردی موتور است.)
				اگزوز صدای غیر عادی نداشته باشد

۳-۲- میزان اهمیت رده‌ها

میزان اهمیت رده‌ها در هر سازمان متفاوت می‌باشد. معمولاً تفاوت در میزان اهمیت هر رده براساس میزان تأثیرگذاری آن در کل سازمان در مقایسه با دیگر رده‌ها تعیین می‌گردد. برهمین اساس نوع نگاه سازمان به رده‌هایی که درجه تأثیرگذاری آنها بیشتر است از جهت خدماتی که به آنها ارائه می‌شود نگاهی ویژه می‌باشد. معمولاً عوامل متغیر زیر در میزان اهمیت رده‌ها تأثیرگذار می‌باشد:

موقعیت سرزمینی
مأموریت محوله
پراکندگی سرزمینی یا گستردگی منطقه تحت پوشش
تعداد نیروها
تهدیدات محیطی
تعداد زیر رده‌های تحت پوشش
و غیره

۳-۳- مفهوم خط تعادل

عواملی که اهمیت رده‌ها را مشخص می‌سازد، می‌تواند سازمان خودرویی یک رده را نیز تعیین نماید، بدین معنی که هر رده چه خودروهایی و به چه تعداد باید در اختیار داشته باشد. حال باید در نظر گرفت که بضاعت سازمان در چه حد است. برای اینکه تعادل بین رده‌ها برقرار شود، از مفهومی به نام خط تعادل استفاده می‌شود که مشخص می‌سازد چند درصد از تقاضای هر رده باید تأمین گردد.

۴- بیان مدل

۴-۱- مجموعه‌ها

$i \in I$ مجموعه خودروها

$j \in J$ مجموعه رده‌ها

۴-۲- پارامترها

R_i میزان آمادگی خودرو i

O_j میزان اهمیت رده j

B_j میزان بودجه رده j برای خرید خودرو

P_i قیمت خودرو i

D_j تقاضای رده j

Bal_j خط تعادلی که برای رده j در نظر گرفته شده است.

پارامتر تقاضای رده یا همان D_j به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\boldsymbol{D_j = D'_j - \sum_{k=1}^{k} R'_k}$$

D_j	تقاضای رده‌ها
D'_j	مجموع آمادگی خودرویی مورد نیاز رده بر اساس مأموریت‌های محوله (سازمان جداول تجهیزات رده)
k	تعداد خودروی موجود رده
R'_k	آمادگی فعلی خودروی موجود

۴-۳- متغیر

Y_{ij} اگر خودرو i به رده j اختصاص یابد مقدار ۱ را اتخاذ می‌کند در غیر این صورت ۰ است.

۴-۴- فرضیات مدل

۱- در این مدل فرض شده‌است که خودروهای بلااستفاده جمع‌آوری شده و بر آنها عملیات مورد نظر انجام گشته و هم‌اکنون با درصدی از آمادگی، میان رده‌ها توزیع می‌گردند.

۲- اگر سطح آمادگی مورد انتظار رده‌ها تأمین نشود، خط تعادل رده‌ها با در نظر گرفتن تجهیزات موجود تعدیل می‌شود.

۳- هر رده باید جهت داشتن خودرو هزینه‌ای پرداخت کند و همچنین میزان بودجه هر رده برای خرید خودرو محدود است.

۴- در این مدل پارامترهای تقاضای هر رده و خط تعادل براساس مأموریت‌های مصوب در نظر گرفته شده‌اند.

۴-۵- مدل ریاضی مسئله

$$maxW = \sum_j \sum_i R_i * O_j * Y_{ij} \qquad (۲)$$

$$\sum_i P_i * Y_{ij} \le B_j \qquad \forall j \qquad (۳)$$

$$\sum_i Y_{ij} \le 1 \qquad \forall j \qquad (۴)$$

$$\sum_j R_i * Y_{ij} \ge Bal_j * D_j \qquad \forall i \qquad (۵)$$

$$Y_{ij} \in \{0\ ,1\} \qquad (۶)$$

تابع هدف (۲) در این مدل، مجموع آمادگی خودرویی رده‌ها را براساس اهمیت رده‌ها بیشینه می‌سازد. بدین‌صورت‌که براساس اهمیت رده‌ها میزان آمادگی خودروی تخصیص داده شده به آن رده باید بیشتر باشد.

محدودیت (۳) تضمین می‌کند که جمع هزینه خودروهای اختصاص داده‌شده به رده‌ها از بودجه آن رده بیشتر نشود.

محدودیت (۴) تضمین می‌کند که هر خودرو حداکثر به یک رده اختصاص می‌یابد

محدودیت شماره (۵)، آمادگی مورد نیاز رده‌ها، را با تقاضای هر رده مرتبط می‌سازد. ازآنجایی‌که سازمان معمولاً در تأمین ۱۰۰ درصد نیاز رده‌ها مشکل دارد پارامتر خط تعادل رده در میزان تقاضای آن ضرب می‌شود تا این نیاز تعدیل گردد. حال این نیاز تعدیل شده براساس آمادگی خودروهای موجود تأمین می شود. به بیان دیگر هر رده

نیاز خودرویی خود را براساس آمادگی، دریافت می‌کند. بنابراین محدودیت (۵) حداقل آمادگی خودرویی رده‌ها را نشان می‌دهد بدین ترتیب که آمادگی خودرویی هر رده باید از یک حداقل، که ضرب خط تعادل آن رده در میزان عملیاتی بودن آن می‌باشد کمتر نباشد.

رابطه (۶) نوع متغیر مسئله را نشان می‌دهد که صفر و یک می‌باشد.

۵- مطالعه موردی

در این بخش، مدل در یکی از سازمان‌های نظامی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این سازمان خودروهایی را در اختیار دارد که باید بین رده‌ها توزیع نماید. از آنجایی که ممکن است خودروهایی در رده‌ها به دلایلی نظیر تصادف، فرسودگی بیش از حد یا تغییر مأموریت‌های رده، دیگر قابل استفاده نباشند، این خودروها کنار گذاشته شده و برای تأمین منابع، سازمان مجبور به جایگزینی خودروهای غیرقابل استفاده و خرید خودروهای نو می‌باشد. بنابراین با توجه به اینکه ممکن است توزیع مجدد پاسخگوی نیازهای رده نباشد بنابراین لازم است علاوه‌بر توزیع مجدد از توزیع خودروهای نو هم استفاده شود. حال اگر معیار خاصی برای چگونگی تخصیص این خودروها به رده‌ها موجود نباشد، موجب نارضایتی رده‌ها می‌شود و مشکلات بعدی پیش خواهد آمد. به‌عنوان مثال اغلب مشاهده می‌شود که جهت توزیع منابع در سازمان‌ها و رده‌ها، آن سازمان‌ها و رده‌هایی که از قدرت چانه‌زنی بیشتری برخوردارند، منابع بیشتر و بهتری را دریافت می‌کنند که این خود نشان‌دهنده عدم وجود قانون مناسبی برای توزیع منابع می‌باشد. بنابراین آمادگی خودروها همان‌طورکه در بخش قبل بیان شد در ابتدا سنجیده می‌شود و یک عدد بین صفر و یک اما مخالف صفر به هر خودرو اختصاص می‌یابد. مخالف صفر بودن این عدد به این دلیل است که تمام خودروها سالم هستند و خودروی ناسالم برای توزیع در نظر گرفته نمی‌شود.

بدین‌ترتیب خودروها از یکدیگر متمایز گشته و معیاری برای توزیع آنها بین رده‌ها موجود می‌باشد. هر رده براساس شاخص‌هایی که در بخش قبل برای مشخص کردن میزان اهمیت آن رده بیان شد، طبقه‌بندی می‌شود، بدین صورت که وزنی بین صفر و یک به آن داده می‌شود. معمولاً مفهومی به نام سازمان خودرویی در رده‌ها وجود دارد که توسط واحد تجهیز و استاندارد معین می‌گردد. طبق این مفهوم مشخص می‌شود که هر رده چه تعداد خودرو از هر نوع نیاز دارد. این تعداد خودرو لزوماً محقق نمی‌گردد. بنابراین مفهوم دیگری به نام خط تعادل وجود دارد که مشخص می‌کند چند درصد از سازمان خودرویی یک رده باید حتماً تأمین گردد. این خط تعادل هم براساس نوع و اهمیت رده، توسط واحد ترابری معین می‌شود. بدین ترتیب خودروها باید طبق شیوه مناسبی توزیع شوند.

در این بخش اطلاعات مربوط به۲۰ خودروی تویوتا استخراج شده که باید براساس مدل بین۱۰ رده توزیع شوند. اطلاعات تکمیلی در ادامه آمده است.

جدول (۴) آمادگی خودروها را نشان می‌دهد.

جدول (۴): آمادگی خودروها

شماره خودرو	میزان آمادگی
1	0.90
2	0.86
3	0.86
4	0.76
5	0.92
6	0.84
7	0.80
8	0.83
9	0.79
10	0.85
11	0.83
12	0.78
13	0.84
14	0.80
15	1
16	0.95
17	1
18	0.83
19	1
20	0.87

به‌طور مطمئن در تمام سازمان‌ها رده‌های مدیریتی کلان سازمان، رده‌های تحت فرمان را ارزش‌گذاری می‌کنند، این ارزش‌گذاری با توجه به نوع خدمتی که آن رده ارائه می‌دهد وهمچنین طی گذشت زمان ممکن است متفاوت باشد. رده‌های نظامی هم از این قاعده مستثنی نیستند. به‌عنوان مثال قلمروی رده‌هایی که در نزدیکی مرزها مستقر می‌باشند ممکن است در مقاطع زمانی خاص، مورد حمله متجاوزین قرار گیرد که در این شرایط، اهمیت آن رده از نظر آمادرسانی بالا می‌رود. همین‌طور رده‌های غیرمرزی وجود دارند که به‌عنوان رده معین شناخته می‌شوند تا در شرایط حساس به کمک رده‌های مرزی

بشتابند.واضح‌است که‌مهم‌ترین زیرمعیار جهت تعیین اهمیت رده‌ها،معیارعملیاتی‌بودن بوده و اگر اهمیت رده‌های نظامی را با توجه به آن بسنجید، رده‌های مرزی و معین از دیگر رده‌ها عملیاتی‌تر هستند و میزان اهمیت این رده‌ها نیز براساس موقعیت و تهدیدهای محیطی با یکدیگر متفاوت است که تمام این پارامترها موجب می‌شود تا عددی را به‌عنوان درجه اهمیت یک رده به آن اختصاص دهند.

طبق اسناد موجود در واحد استاندارد، رده‌ها به سه دسته کلی فوق‌عملیاتی، عملیاتی و غیرعملیاتی تقسیم می‌شوند. محدوده اهمیت این رده‌ها به شرح جدول (۵) می‌باشد:

جدول (۵): میزان اهمیت رده‌ها در تقسیم‌بندی کلی

نوع رده	میزان اهمیت
فوق‌عملیاتی	0.8 - 1
عملیاتی	0.6 – 0.8
غیرعملیاتی	0.4 – 0.6

با توجه به جدول بالا، میزان اهمیت رده‌های سازمان به صورت جدول (۶) مشخص شده است.

جدول (۶): میزان اهمیت رده‌ها

شماره رده	میزان اهمیت (عملیاتی بودن) رده
۱	0.53
۲	0.48
۳	0.75
۴	0.96
۵	0.62
۶	0.59
۷	0.89
۸	0.78
۹	0.98
۱۰	0.75

جدول (۷) نشان‌دهنده قیمت هر خودرو است که بدون در نظر گرفتن حق گمرک می‌باشد.

جدول (۷): قیمت خودروها (میلیون ریال)

شماره خودرو	قیمت خودروها
1	540
2	516
3	516
4	450
5	552
6	504
7	480
8	498
9	474
10	510
11	498
12	468
13	504
14	480
15	600
16	570
17	600
18	498
19	600
20	522

جدول (۸) بودجه رده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول (۸): بودجه رده‌ها جهت تخصیص(میلیون‌ریال)

شماره رده	بودجه رده
1	550
2	500
3	950
4	1100
5	1000
6	700
7	1200
8	1100
9	1700
10	1200

جدول (۹) نشان‌دهنده میزان تقاضای هر رده از خودروی مورد نظر است.

جدول (۹): میزان نیاز رده‌ها به خودروی مورد نظر

شماره رده	نیاز رده
1	1
2	1
3	1
4	2
5	2
6	1
7	2
8	2
9	2
10	2

جدول (۱۰) خط تعادل رده‌ها را نشان می‌دهد. با استناد به تجهیزات موجود در سازمان در این برهه زمانی میزان خط تعادل هر رده به‌صورت زیر تعیین گشت.

جدول (۱۰): خط تعادل انواع مختلف رده‌ها

نوع رده	خط تعادل
فوق‌عملیاتی	0.9
عملیاتی	0.7
غیرعملیاتی	0.5

۵-۱- حل مدل تخصیص مجدد

مدل با نرم‌افزار CPLEX 12.5 حل شد و نتایج زیر به‌دست آمد:

میزان تابع هدف (مجموع آمادگی خودرویی رده‌ها) 12.4

همان‌گونه‌که مشاهده می‌شود مجموع آمادگی خودرویی رده‌ها برابر ۱۲/۴ شد و همچنین خودروی ۴ و ۹ به هیچ رده‌ای تخصیص نیافت. در خیلی از موارد ممکن است خودروهایی که در اختیار هست میزان تقاضای رده‌ها را از نظر آمادگی تأمین نکند. تحت این شرایط بخش استاندارد باید خط تعادل رده‌ها را مورد بازبینی قرار دهد و براساس تجهیزات موجود مجدد تعیین نماید.

جدول (۱۱): چگونگی تخصیص خودروها به رده‌ها

رده / خودرو	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1				*						
2								*		
3								*		
4										
5				*						
6										*
7		*								
8					*					
9										
10										*
11					*					
12			*							
13						*				
14			*							
15							*			
16									*	
17									*	
18	*									
19							*			
20									*	

جدول (۱۲): اطلاعات مربوط به آمادگی رده‌ها و هزینه انجام شده توسط هر رده

رده	آمادگی رده	محدودیت آمادگی حداقل $Bal_j * D_j$	هزینه‌ای که هر رده متقبل شده (میلیون ریال)
1	0.83	0.5	498
2	0.8	0.5	480
3	1.58	0.7	948
4	1.82	1.8	1092
5	1.66	1.4	996
6	0.84	0.5	504
7	2	1.8	1200
8	1.72	1.4	1032
9	2.82	1.8	1692
10	1.69	1.4	1014

۵-۲- تحلیل حساسیت مدل تخصیص

در این بخش تحلیل حساسیت بر روی چند پارامتر انجام شده است.

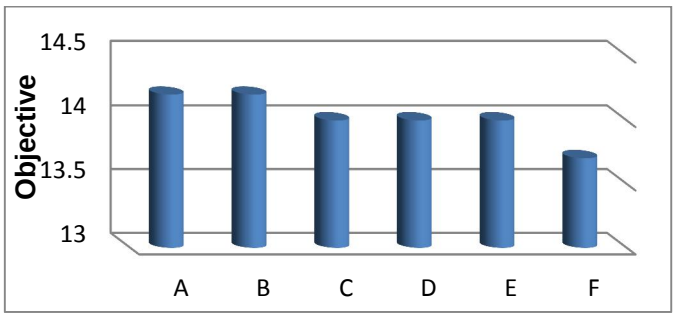
۵-۲-۱- تحلیل حساسیت خط تعادل

در حل مدل خط تعادل، برای رده‌های فوق عملیاتی، ۰/۹، رده‌های عملیاتی، ۰/۷ و رده‌های غیرعملیاتی ۰/۵ در نظر گرفته شد. حال اگر بخواهید خط تعادل را افزایش دهید شاهد خواهید بود که مسئله جواب ندارد و دلیل این مسئله کمبود بودجه است. به همین علت در این حالت، عددی بزرگ برای بودجه‌ها در نظر می‌گیرند، به بیانی دیگر محدودیت بودجه برداشته می‌شود. حال چند حالت ترکیبی برای خط تعادل در نظر گرفته و به‌ازای آنها تابع هدف سنجیده می‌شود.

جدول (۱۳): مقادیر تابع هدف به‌ازای حالت‌های مختلف خط تعادل بدون محدودیت بودجه

حالت	A	B	C	D	E	F	G
فوق عملیاتی	0.9	1	1	1	1	1	1
عملیاتی	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1
غیر عملیاتی	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1
تابع هدف	14.2	14.2	14	14	14	13.7	جواب ندارد

در جدول (۱۳) مشاهده می‌شود که با افزایش خط تعادل رده‌های کم اهمیت‌تر، شانس تخصیص بیشتر به رده‌های با اهمیت‌تر گرفته شده و همین سبب می‌شود تا تابع هدف کاهش‌یافته و بدتر شود، در حالت G دیگر برداشتن محدودیت بودجه هم نمی‌تواند حداقل آمادگی مورد انتظار رده‌ها را تأمین کند، زیرا تعداد خودروها محدود می‌باشد نمودار (۱) این موضوع را به خوبی نشان می‌دهد.



نمودار (۱): تغییرات تابع هدف به‌ازای حالات مختلف خط تعادل

۵-۲-۲- تحلیل حساسیت بودجه رده‌ها

جدول (۱۴) بودجه رده‌ها و هزینه‌ای که برای خرید خودروها متقبل شدند را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول می‌توان دریافت که به‌عنوان مثال اگر بودجه رده ۱ از ۵۵۰ به ۴۹۸ میلیون ریال کاهش یابد، در نتیجه حل مسئله تغییری ایجاد نمی‌شود.

جدول (۱۴): بودجه رده‌ها جهت تخصیص خودرو (میلیون ریال)

شماره رده	بودجه رده	هزینه‌ای که هر رده متقبل شده (میلیون ریال)
1	550	498
2	500	480
3	950	948
4	1100	1092
5	1000	996
6	700	504
7	1200	1200
8	1100	1032
9	1700	1692
10	1200	1014

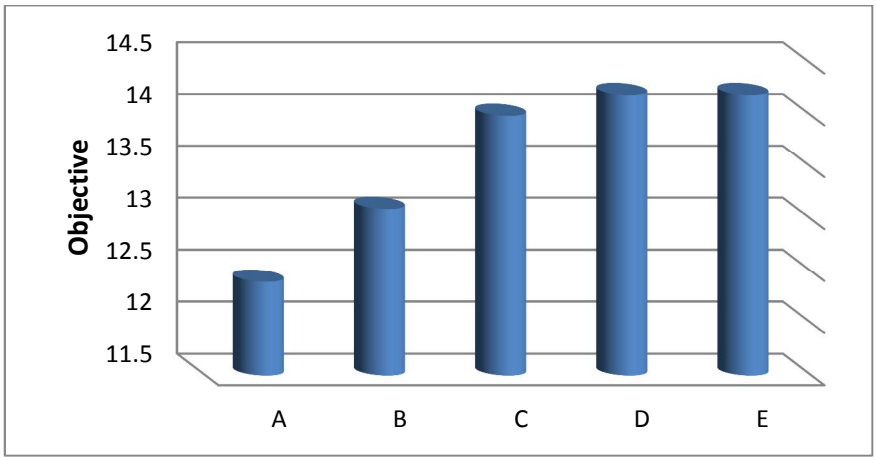
در اینجا هم با توجه به نوع رده‌ها، بودجه را در محدوده مشترکی افزایش داده و نتایج تحلیل می‌شود.

جدول (۱۵) حالات ترکیبی را نشان می‌دهد که افزایش بودجه را براساس نوع رده مشخص می‌سازد و همزمان بودجه تمام رده‌ها افزایش می‌یابد.

جدول (۱۵): افزایش بودجه رده‌ها باهم

حالت	A	B	C	D	E
فوق عملیاتی	بودجه اولیه	بودجه اولیه + ۲۰۰	بودجه اولیه + ۴۰۰	بودجه اولیه + ۶۰۰	بودجه اولیه + ۸۰۰
عملیاتی	بودجه اولیه	بودجه اولیه + ۲۰۰	بودجه اولیه + ۴۰۰	بودجه اولیه + ۶۰۰	بودجه اولیه + ۸۰۰
غیرعملیاتی	بودجه اولیه	بودجه اولیه + ۲۰۰	بودجه اولیه + ۴۰۰	بودجه اولیه + ۶۰۰	بودجه اولیه + ۸۰۰
تابع هدف	12.4	13.1	14	14.2	14.2

نتایج نشان می‌دهد که افزایش بودجه موجب افزایش میزان آمادگی خودرویی رده‌ها می‌شود، البته تاجایی‌که تجهیزات‌موجوداجازه‌دهد.زیرا ازجایی به بعد به‌دلیل بضاعت محدود سازمان از نظر خودرویی، این افزایش وجود ندارد. نمودار (۲)، این افزایش تابع هدف را به تصویر می‌کشد.



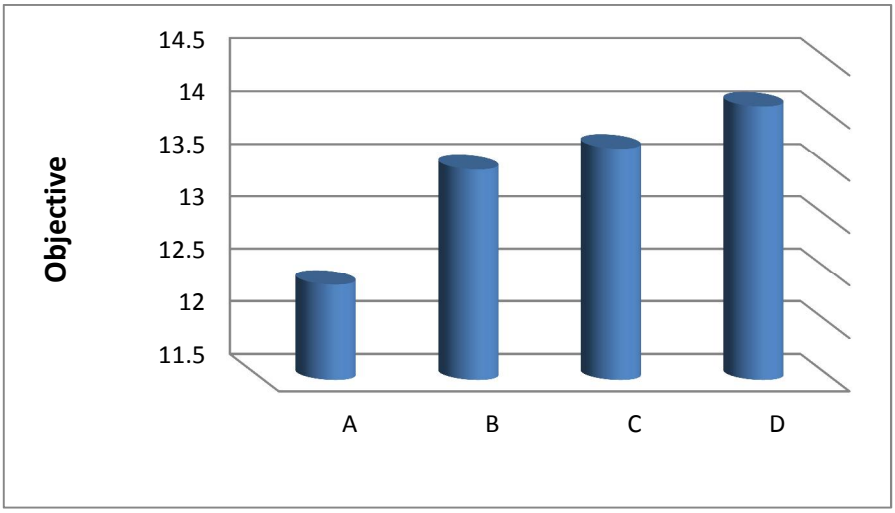
نمودار (۲): تغییرات تابع هدف به‌ازای افزایش بودجه رده‌ها با هم

در جدول (۱۶) بودجه رده‌ها براساس نوع رده به‌صورت تکی افزایش یافته و نتایج به نمایش گذاشته می‌شود.

جدول (۱۶): افزایش بودجه رده‌ها براساس نوع رده

حالت	A	B	C	D
فوق عملیاتی	بودجه اولیه	بودجه اولیه	بودجه اولیه	+ ۵۰۰
عملیاتی	بودجه اولیه	بودجه اولیه	+ ۵۰۰	بودجه اولیه
غیرعملیاتی	بودجه اولیه	+ ۵۰۰	بودجه اولیه	بودجه اولیه
تابع هدف	12.4	13.5	13.7	14.1

به این دلیل که اهمیت رده‌ها متفاوت است، انتظار می‌رود که با افزایش بودجه رده‌های با اهمیت‌تر، شاهد بهبود بیشتری در تابع هدف باشیم که همین مسئله رخ داد. نمودار (۲) این موضوع را به خوبی به نمایش می‌گذارد.



نمودار (۱۷): تغییرات تابع هدف به‌ازای افزایش بودجه رده‌ها براساس نوع آنها به‌صورت تکی

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

در این مقاله سعی گردید تا با در نظر گرفتن مفهومی ارزشمند به نام آمادگی، خودروهای با شرایط متفاوت را به رده‌ها تخصیص داد. فرآیند مقایسه شرایط خودروها با یکدیگر دارای عوامل متغیر بسیاری می‌باشد و این مسئله شرایط را پیچیده می‌سازد. اما آمادگی مفهوم کلی است که با سنجش آن، خودروها را می‌توان طبقه‌بندی نموده و خودروی آماده‌تر را به رده‌ای که اهمیت بیشتری دارد، تخصیص داد. مدل ارائه شده در این مقاله با کمی تغییرات قابل تعمیم برای تخصیص خودروهای سنگین هم می‌باشد.

با توجه به پژوهش انجام‌شده، پیشنهادات زیر جهت انجام تحقیقات آتی ارائه می‌گردد:

۱- در نظر گرفتن اهداف دیگر در مدل

۲- ایجاد مکانیزمی مناسب و دقیق جهت تعیین خط تعادل تأمین تقاضا

۳- تعمیم مدل برای تخصیص خودروهای سنگین و همچنین تجهیزات دیگر

۴- توسعه مدل با به‌کارگیری روش‌های غیرقطعی

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می‌دانم با توجه به حمایت‌ها و همکاری‌های انجام‌شده در مسیر انجام این تحقیق، از کمیته آماد مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی و مدیریت مربوطه در سازمان مورد مطالعه قدردانی و تشکر نمایم.

منابع

[1] Özkir, V. and Basligil, H. ***"Multi-objective optimization of closed-loop supply chains in uncertain environment"***, Journal Of Cleaner Production vol. 41, pp. 114–125, 2012.

[2] Guo, M. and Conitzer, V. ***"Better redistribution with inefficient allocation in multi-unit auctions"***, Artif. Intell., vol. 216, no. 0, pp. 287–308, 2014.

[3] Dror, M. Fortin, D. and Roucairol, C. ***"Redistribution of self-service electric cars: A case of pickup and delivery"***, RR-3543, INRIA. 1998.

[4] Moghaddam, K. S. ***"Fuzzy multi-objective model for supplier selection and order allocation in reverse logistics systems under supply and demand uncertainty"***, Expert Systems with Applications, vol. 42, no. 15, pp. 6237–6254, 2015.

[۵] سیف، م. یزدانیفرد، ر. ***"توسعه یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه عدد صحیح برای تخصیص کارکنان به موقعیت های شغلی"***، مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱، شماره ۵، صفحه ۱-۲۰، ۱۳۹۳.

[۶] محتشمی، ع. خاتمی، م. ***"ارائه یک متدولوژی جهت تخصیص تجهیزات و تسهیلات به بنادر با استفاده از ابزارهای تصمیم گیری چند معیاره و شبیهسازی (مطالعه موردی: بندر شهید رجایی)"***، نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران، شماره ۲ صفحه ۱۶۲-۱۷۰، ۱۳۹۰.

[۷] لطفی، م. امیری، ع. رضوی، ح. ***"ارائه یک مدل برنامه ریزی ریاضی برای تخصیص بهینه تسلیحات به اهداف دریایی"***، نهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، ۱۳۹۱.

[۸] کاظمی، ع. مهرگان، م. شکوری، ح. ***"ارائه یک مدل برنامه ریزی خطی چند هدفه برای تخصیص بهینه منابع انرژی ایران"***، چشم‌انداز مدیریت صنعتی، دوره ۳، صفحه ۴۳-۶۵، ۱۳۹۰.

[۹] کهنسال نودهی، ک. صفارزاده، م. ***"آنالیز حساسیت روی پارامترهای مدل توسعه‌یافته در طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری جهت بهینه سازی تخصیص گیت؛ مطالعه موردی: مهرآباد"***، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، ۱۳۹۰.

[۱۰] شایگان، م. علی‌محمدی، ع. منصوریان، ع. ***"بهینه سازی چند هدفه تخصیص کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم NSGA-II"***، مجله سنجش از دور و GIS ایران، سال چهارم، شماره ۲، ۱۳۹۱

[۱۱] توکلی، ح. محمدی، آ. ***"ارائه یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی جهت تخصیص ماشین آلات به فعالیت‌های یک پروژه عمرانی"***، نهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۱.

[۱۲] شریعت، ا. اعتصام، ه. ***"مدل تخصیص ناوگان گشتهای امداد خودرو در شبکه بزرگراهی شهری"***، مهندسی حمل و نقل، دوره ۲، ص. ۹۳-۱۰۶، ۱۳۸۸.

[۱۳] رمضانی، س. طاهری، م. یوسفی، م. نوجوان، م. ***"طراحی مدلی برای سنجش آمادگی تجهیزات نظامی، با رویکرد سلسله مراتبی"***، فصلنامه علمی-ترویجی مدیریت زنجیره تأمین، دوره ۱۳، شماره ۳۲، ۱۳۹۰.

[۱۴] مصدق‌خواه، م. حسن‌پور، ح. و قنبریان، ح. ***"ارائه الگوی تصمیم‌گیری تعمیر، بازسازی یا فروش و جایگزینی اتوبوس‌های سازمانی سپاه"***، فصلنامه علمی-ترویجی مدیریت زنجیره تأمین، سال شانزدهم، شماره ۴۶، زمستان ۱۳۹۳.