# فصلنامه مهندسی عمران و سازه

**دوره ۱ ، شماره ۳ ، زمستان ۱۳۹۶**


## مطالعه موردی

# مطالعه ی ارزیابی اقتصادی گزینه های تعمیر و نگهداری روسازی راه ها به همراه درجه بندی خرابی روسازی ها


**اسماعیل عبداله زاده**

کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران



**اطلاعات مقاله**

**تاریخچه**

دریافت: ۱۶ دی ۱۳۹۶

پذیرش: ۲۸ بهمن ۱۳۹۶

**کلید واژگان:**

تعمیر و نگهداری روسازی

هزینه ی چرخه ی عمر

نرم افزارReal Cost

شاخص PCI

محور گرگان-کردکوی



**چکیده**

انتخاب مناسب گزینه های تعمیر و نگهداری روسازی راهها از نظر اقتصادی ، فرآیندی بسیار مهم ، در سیستم مدیریت نگهداری روسازی محسوب می شود. استفاده از مدل های مناسب و منطقی برای قضاوت اقتصادی بر روی گزینه های تناوبی تعمیر و نگهداری یک نکته ضروری و حائز اهمیت در چارچوب سیستم مدیریت روسازی است،که تحلیل هزینه های چرخه ی عمر یکی از این روشها می باشد. از طرفی بررسی شاخص های خرابی جهت شناسایی نقاط ضعف راه های ارتباطی، علاوه بر بهبود وضعیت حمل و نقل، می تواند منجر به جلوگیری از وقوع سوانح ناگوار و تلخ رانندگی شود. در این تحقیق، ابتدا اطلاعات ورودی مورد نیاز نرم افزار RUCKS تهیه شده و مقادیر پایه برای اجزاء هزینه کاربران بدست آمده اند، سپس نتایج حاصل از این نرم افزار، همراه با ورودی های دیگر مورد نیاز نرم افزار Real Cost گردآوری شده و با استفاده از روش تحلیل هزینه های چرخه عمر، ارزیابی اقتصادی بر روی گزینه های تناوبی تعمیر و نگهداری روسازی معرفی شده، انجام شده است. در این مطالعه از شاخص PCI به منظور بررسی انسجام سازه ای روسازی و دستیابی به وضعیت خرابی روسازی استفاده شده است. به منظور کاربردی بودن تحقیق حاضر، محور گرگان-کردکوی مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است و تمامی پارامترهای معرفی شده در مورد محور گرگان-کردکوی عنوان شده است. نتایج مطالعه نشان می دهد، خرابی ها ی موجود در محور گرگان-کردکوی در صورت عدم بهسازی و مرمت، با گذر زمان می تواند خسارات جبران ناپذیری را به بار آورد.



نویسنده مسئول: اسماعیل عبداله زاده

پست الکترونیکی: Abdollahzadeh.e@yahoo.com



[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

## ۱- مقدمه

به منظور ارزیابی اقتصادی گزینه های تعمیر و نگهداری رو سازی راه ها، ابتدا محور مورد مطالعه(گرگان-کردکوی) معرفی و در ادامه مراحل ارزیابی اقتصادی گزینه های تناوبی تعمیر و نگهداری روسازی راه ها بصورت مفصل و کامل تشریح می گردد. در واقع، مراحل ذکر شده ابتدا از ورودی های مدل هزینه های کاربران HDM-4 که توسط بانک جهانی طراحی شده آغاز می شود. نتایج حاصل از این مدل هزینه های پایه کاربران راه نظیر هزینه بهره برداری از وسیله نقلیه و ارزش زمانی آن می باشد. نتایج بدست آمده از مدل را استخراج نموده و به عنوان ورودی نرم افزار ارزیابی اقتصادیReal Cost در نظر می گیریم. گزینه های تعریف شده تعمیر و نگهداری راه، که برگرفته از فعالیت های انجام شده توسط وزارت راه وترابری در سالیان گذشته است به عنوان گزینه های تناوبی معرفی شده و در نرم افزار ارزیابی می شوند. از طرفی به منظور شناسایی خرابی و معرفی پارامترهای خرابی در مورد محور گرگان-کردکوی، پس از معرفی انواع پارامترهای خرابی(پارامترهای مورد مطالعه در این پژوهش، برآمدگی و فرو رفتگی، پایین افتادگی، ترک خوردگی بلوکی، ترک خوردگی پوست سوسماری، ترک خوردگی طولی و عرضی و وصله و کنده کاری)، نحوه اندازه گیری و محاسبه، روش و گزینه های تعمیر، به پیاده سازی شاخص خرابی معرفی شده در محور گرگان-کردکوی پرداخته ایم. در پایان Real Cost به ارزیابی اقتصادی گزینه های تعمیر و نگهداری روسازی راه می پردازد و گزینه ی تناوبی مناسب را از لحاظ اقتصادی شناسایی می نماید. همچنین پس از معرفی محور گرگان-کردکوی(به عنوان مطالعه ی موردی)،پارامترهای خرابی را معرفی کرده و نهایتا به پیاده سازی موارد عنوان شده در مورد محور گرگان-کردکوی می پردازیم.

## ۲- محور گرگان-کردکوی

محور بزرگراهی گرگان –کردکوی واقع در قسمت غربی استان گلستان می باشد. این بزرگراه پرتردد ترین محور استان گلستان می باشد و در اکثر اوقات سال در سطح سرویس D قرار می گیرد و دلیل این امر نیز همجوار بودن این بزرگراه به استان مازندران می باشد و در واقع نقش یک دروازه ورودی برای استان را ایفاء می کند. مسافت مرکز به مرکز شهرستان گرگان و کردکوی ۳۱/۸ کیلومتر می باشد. طولی از این مسیر که مورد مطالعه قرار گرفته است ۲۴ کیلومتر می باشد که در واقع مسیر برون شهری جاده می باشد، این مسیر از خروجی شهر گرگان (میدان بسیج) آغاز می شود و تا ورودی کردکوی ادامه پیدا می کند. محور مورد نظر بزرگراهی است با جزیره های میانی مجزا که در هر جهت آن دو لاین عبوری تعبیه شده است. عرض عبوری سواره رو برای هر لاین از بزرگراه ۳/۶۵ متر است که برای دو لاین در هر جهت ۷/۳ متر خواهد بود.

**شکل۱**. نقشه ی هوایی قسمت غربی استان گلستان( همجوار با دریای خزر)

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

**شکل۲**. محل شروع مسیر مورد مطالعه محور گرگان-کردکوی، خروجی شهر گرگان(میدان بسیج)

## ۳- مدل هزینه های کاربران HDM-4 (RUCKS)

اجزاء اصلی و پایه ای هزینه کاربران راه، یعنی مقادیر واحد (ریال /کیلومتر) هزینه های بهره برداری وسیله نقلیه و ارزش زمانی آنها در با استفاده از" مدل هزینه کاربر HDM-4 " بدست می آید. این مدل توسط بانک جهانی طراحی شده و برگرفته از مدل HDM-4 می باشد که در آن روابط مابین سرعت، زمان سفر و هزینه ی بهره برداری وسیله نقلیه با هزینه های کاربر لحاظ شده است، یعنی هر یک از هزینه ها که زیر مجموعه ی هزینه ی کاربر هستند را می توان بصورت مجزا بدست آورد. مدل ذکرشده قادر به محاسبه ی هزینه ی آلودگی و ایمنی راه نیز می باشد و نحوه ی محاسبه هزینه های آلودگی راه از دستور العمل بین المللی ارزیابی راه (iRAP ) پیروی می نماید [1]. نرم افزار Real cost به عنوان یک ماکرو در برنامه Excel می باشد ،که توسط اداره فدرال راه آیالات متحده (FHWA) توسعه یافته است. Real cost برای اعضای اداره حمل ونقل کالیفرنیا به عنوان یک نرم افزار اداری، برای تخمین هزینه های تاثیرگذارگزینه های طراحی روسازی ، برای یک راه جدید یا برای یک راه موجود با استفاده از نگهداری پیشگیرانه اساسی، بهسازی و ساخت مجدد می باشد[2].

### ۳-۱ داده های ناوگان وسایل نقلیه و منطقه

ورودی های ناوگان وسایل نقلیه شامل دو قسمت می شوند:

۱) هزینه واحدهای مالی یا اقتصادی

۲) مشخصات پایه ناوگان وسیله نقلیه

گروه اول از این نوع ورودیها عبارتند از:

۱) قیمت متوسط وسیله نقلیه (جدید)

۲) قیمت متوسط لاستیکهای وسیله نقلیه

۳) قیمت متوسط هر لیتر از سوخت مصرفی

۴) قیمت متوسط هر لیتر از روغن موتور مصرفی وسیله ی نقلیه

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

۵) هزینه دستمزد هر ساعت کاری نیروی انسانی برای نگهداری وسیله ی نقلیه

گروه دوم نیز عبارتند از:

۱) کارکرد سالانه وسیله نقلیه (کیلومتر)

۲) کارکرد سالانه وسیله نقلیه (ساعت)

۳) طول عمر سرویس دهی وسیله نقلیه

۴) استفاده از وسیله نقلیه به عنوان مالک به ازاء طول عمر (درصد) (در واقع زمانی که در آن هزینه ی خدمه محاسبه نمی شود)

۵) تعداد متوسط مسافرین وسیله نقلیه

تخمین قیمت متوسط روز وسایل نقلیه کشور با توجه به خودروهای تولیدی و وارداتی کشور صورت گرفته است. قیمت وسایل نقلیه مورد استفاده کاربران به دو گروه خودروهای سبک (سواری، وانت و خودروهای دو دیفرانسیل) و خودروهای سنگین (کامیون ، اتوبوس و مینی بوس) تقسیم شده اند. در جدول (۱)، قیمت متوسط خودروهای سواری، دو دیفرانسیل، کامیون و وسایل نقلیه عمومی عنوان شده است.

**جدول۱**. قیمت متوسط وسایل نقلیه

| خودرو | قیمت متوسط (ریال) | قیمت متوسط گرد شده (ریال) |
|---|---|---|
| سواری | ۱۶۰،۵۶۲،۴۲۵ | ۱۷۰،۰۰۰،۰۰۰ |
| وانت | ۱۱۱،۱۱۳،۰۰۲ | ۱۲۰،۰۰۰،۰۰۰ |
| دودیفرانسیل | ۷۰۱،۴۱۹،۲۳۱ | ۷۱۰،۰۰۰،۰۰۰ |
| کامیون دو محور سبک | ۳۰۱،۵۸۴،۴۴۹ | ۳۱۰،۰۰۰،۰۰۰ |
| کامیون دو محور سنگین | ۹۸۳،۷۸۰،۰۹۸ | ۹۹۰،۰۰۰،۰۰۰ |
| کامیون سه محور | ۱،۳۰۱،۶۰۳،۱۵۵ | ۱،۳۱۰،۰۰۰،۰۰۰ |
| کامیون چهار محورو بیشتر | ۱،۵۹۴،۱۳۳،۳۳۳ | ۱،۶۰۰،۰۰۰،۰۰۰ |
| مینی بوس | ۵۱۳،۷۷۸،۵۷۱ | ۵۲۰،۰۰۰،۰۰۰ |
| اتوبوس برون شهری | ۱،۸۸۲،۰۱۹،۲۳۱ | ۱،۸۹۰،۰۰۰،۰۰۰ |

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

### ۳-۲ قیمت متوسط لاستیک جدید وسایل نقلیه

قیمت متوسط لاستیک مورد استفاده ناوگان وسایل نقلیه درجدول(۲) نشان داده شده است، قیمت متوسط برای خودروهای سواری و وانت با توجه به فراوانی تولید ۴۲ ساله آنها و سایزهای لاستیک به خصوص هر گروه برآورد شده است، ولی برای سایر انواع خودرو قیمت متوسطی برای سایزهای مختلف در نظر گرفته شده اند.

**جدول۲**. قیمت متوسط هر حلقه لاستیک وسایل نقلیه

| خودرو | قیمت متوسط ( ریال\حلقه) | قیمت متوسط گرد شده ( ریال\حلقه) |
|---|---|---|
| سواری | ۶۴۸،۰۸۲ | ۶۵۰،۰۰۰ |
| وانت | ۸۶۴،۵۵۱ | ۸۷۰،۰۰۰ |
| دودیفرانسیل | ۲،۳۰۸،۳۳۳ | ۲،۳۱۰،۰۰۰ |
| کامیون دو محور سبک | ۱،۴۲۰،۵۵۶ | ۱،۴۳۰،۰۰۰ |
| کامیون دو محور سنگین | ۵،۲۱۷،۵۰۰ | ۵،۲۲۰،۰۰۰ |
| کامیون سه محور | ۵،۲۱۷،۵۰۰ | ۵،۲۲۰،۰۰۰ |
| کامیون چهار محور و بیشتر | ۵،۲۱۷،۵۰۰ | ۵،۲۲۰،۰۰۰ |
| مینی بوس | ۱،۱۸۱،۲۵۰ | ۱،۱۹۰،۰۰۰ |
| اتوبوس برون شهری | ۴،۶۸۹،۲۸۶ | ۴،۶۹۰،۰۰۰ |

### ۳-۳ هزینه دستمزد راننده و خدمه وسیله نقلیه

این نوع داده بیشتر مربوط به وسایل نقلیه است که مالک آنها را در خدمت راننده یا خدمه قرار می دهد، یا به عبارت دیگر هزینه ای که راننده و خدمه آن برای وسیله نقلیه دارند، از این رو با توجه به شرایطی که در کشور وجود دارد فرضیات زیر انجام شده است :

۱) برای خودروهای سواری، دو دیفرانسیل، وانت هیچ دستمزدی فرض نشده است، زیرا در تمام اوقات مالک خود به عنوان راننده وسیله نقلیه است و به شخص راننده دیگر دستمزدی پرداخت نمی کند.

۲) هزینه راننده و خدمه در کشور به صورت ماهیانه می باشد و در اکثر موارد هزینه تغذیه آن نیز بر پای مالک است . ازین رو با توجه به عرف حق الزحمه رانندگان و خدمه کشور و همچنین آمار میزان ساعات کاری وسیله نقلیه در طول سال [3] محاسبات انجام شده است.

۳) محاسبه ی دستمزد ساعتی راننده و خدمه وسایل با توجه به فرضیات بالا محاسبه شده است. به عنوان نمونه دستمزد وسیله نقلیه کامیون چهار محورو بیشتر را در زیر محاسبه می نماییم:

$$\frac{(7000000 * 12) + (80000 * 365)}{1565} = 73000 \text{ ریال/ساعت}$$



[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

### ۳-۴ هزینه ی تاخیر مسافرین به ازاء ساعات کاری و غیرکاری

برای بدست آوردن هزینه ی تاخیر مسافرین (هزینه ی زمان تاخیر)، اولین گام [4] بدست آوردن درآمد سرانه ساعتی شاغلین است که از آمار موجود در سالنامه آماری کشور در سال ۸۶ [5]که توسط مرکز آمار جمهوری اسلامی ایران جمع آوری شده است، مطابق جدول(۴) بدست می آید. با توجه به سرشماری آبان ماه سال ۱۳۸۵[6]، تعداد خانوار شهری ۱۲،۴۰۵،۵۸۴ (۷۰/۹۷ درصد) و تعداد خانوار روستایی۵،۰۷۴،۸۶۶ (۲۹/۰۳ درصد) از کل خانوار کشور را تشکیل می دهند. همچنین در آماری دیگر از این سرشماری تعداد شاغلین شهری ۱۴،۰۴۷،۰۰۰ نفر و شاغلین روستایی ۶،۳۹۱،۰۰۰ نفر می باشند . با توجه به موارد ذکر شده ، می توان ضریب متوسط تعداد نفرات شاغل در یک خانوار رابا تقسیم افراد شاغل به تعداد خانوار بدست آورد ، که برای خانوار شهری ضریب۱/۱۳ و برای خانوار روستایی ضریب ۱/۲۶ بدست می آید.

**جدول۳**. دستمزد ساعتی راننده و خدمه وسایل نقلیه

| خودرو | قیمت متوسط ( ریال\حلقه) | قیمت متوسط گرد شده ( ریال\حلقه) |
|---|---|---|
| سواری | ۶۴۸،۰۸۲ | ۶۵۰،۰۰۰ |
| وانت | ۸۶۴،۵۵۱ | ۸۷۰،۰۰۰ |
| دودیفرانسیل | ۲،۳۰۸،۳۳۳ | ۲،۳۱۰،۰۰۰ |
| کامیون دو محور سبک | ۱،۴۲۰،۵۵۶ | ۱،۴۳۰،۰۰۰ |
| کامیون دو محور سنگین | ۵،۲۱۷،۵۰۰ | ۵،۲۲۰،۰۰۰ |
| کامیون سه محور | ۵،۲۱۷،۵۰۰ | ۵،۲۲۰،۰۰۰ |
| کامیون چهار محور و بیشتر | ۵،۲۱۷،۵۰۰ | ۵،۲۲۰،۰۰۰ |
| مینی بوس | ۱،۱۸۱،۲۵۰ | ۱،۱۹۰،۰۰۰ |
| اتوبوس برون شهری | ۴،۶۸۹،۲۸۶ | ۴،۶۹۰،۰۰۰ |

برای بدست آوردن ارزش زمان تاخیر برای سفرهای غیر شغلی از رابطه زیر استفاده می نماییم:

$$\frac{\text{هزینه سفر با اتوبوس} - \text{هزینه سفر با تاکسی}}{\text{زمان سفر با تاکسی} - \text{هزینه سفر با اتوبوس}} \quad (1)$$

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

**جدول۴**. هزینه سالیانه وسایل نقلیه

| سال | متوسط درآمد سالانه یک خانوار شهری (ریال) | درصد رشد سالانه درآمد خانوار شهری | متوسط درآمد سالانه یک خانوار روستایی (ریال) | درصد رشد سالانه درآمد خانوار روستایی |
|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۰ | ۲۵،۸۳۱،۵۲۷ | ۱۵/۳۸ | ۱۵،۲۰۰،۱۴۹ | ۱۶/۵ |
| ۱۳۸۱ | ۳۳،۱۰۴،۸۶۸ | ۲۸/۱۶ | ۱۹،۰۰۲،۶۱۰ | ۲۵/۰۲ |
| ۱۳۸۲ | ۳۹،۲۰۲،۴۲۸ | ۱۸/۴۲ | ۲۴،۰۴۰،۴۲۱ | ۲۶/۵۱ |
| ۱۳۸۳ | ۴۷،۲۶۷،۷۸۴ | ۲۰/۵۷ | ۲۷،۸۸۳،۶۵۶ | ۱۵/۹۹ |
| ۱۳۸۴ | ۵۳،۶۷۸،۲۸۲ | ۱۳/۵۶ | ۳۴،۴۷۴،۶۸۶ | ۲۳/۶۴ |
| ۱۳۸۵ | ۶۵،۵۰۹،۱۰۸ | ۲۲/۰۴ | ۳۹،۱۲۸،۸۳۰ | ۱۳/۵ |
| ۱۳۸۶ | ۷۷،۹۹۴،۲۵۷ | ۱۹/۰۶ | ۴۷،۱۰۶،۹۴۹ | ۲۰/۳۹ |
| | میانگین درصد رشد سالیانه | ۱۹/۶ | میانگین درصد رشد سالیانه | ۲۰/۲۲ |

## ۴- ورودی مشخصات راه

ورودی های موجود در این بخش به صورت خلاصه شده زیر می باشند که مشخصات راه را توصیف می کنند :

۱)وضعیت راه

نشانه بین المللی ناهمواری روسازی راه (IRI) که با استفاده از وضعیت خرابی روسازی تخمین زده می شود . لازم به ذکر است که روش درجه بندی وضعیت خرابی مورد استفاده، روش بازرسی چشمی نشانه وضعیت روسازی (PCI) است که توسط گروه مهندسین ارتش ایالات متحده پیشنهاد شده است می باشد.

۲)طرح هندسی راه

این مشخصات از راه وابسته به طرح هندسی راه می باشد و با توجه به راههای موجود در ایران مفروضات جدول(۵) معقولانه می باشد.

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

**جدول۵**. مشخصات طرح هندسی راه[3]

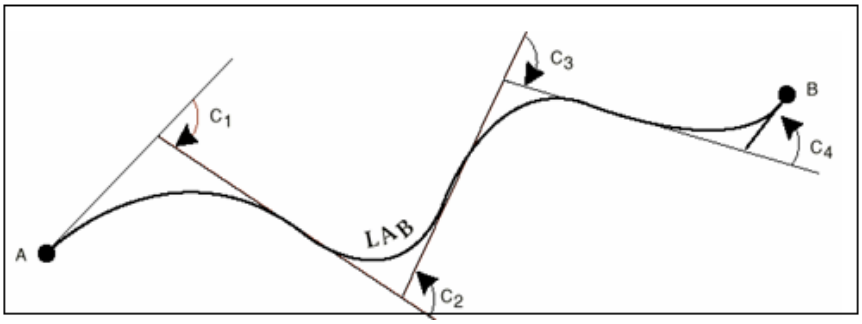
| نوع راه | مسطح | تپه ماهور | کوهستانی |
|---|---|---|---|
| مجموع ارتفاع تپه و گودال ها ( متر\ کیلومتر) | ۲ | ۱۵ | ۳۰ |
| مجموع تعداد تپه و گودال در هر کیلومتر | ۲ | ۲ | ۴ |
| انحناء افقی ( درجه\ کیلومتر ) | ۲۶ | ۷۵ | ۴۰۰ |
| بربلندی | ۲/۵ | ۳ | ۶ |

۳)فاکتورهای تنظیم سرعت

فرضیات مربوط به این قسمت توسط نرم افزار، بدون تغییر باقی مانده اند تنها فاکتور تغییر داده شده فاکتور جلوگیری از سرعت مجاز است که ۰/۷ فرض شده است که با توجه به این که سرعت مجاز ۱۱۰ کیلومتر در ساعت فرض شده است، ۱۱۰×۰/۷ برابر می شود با ۷۷ که سرعت نزدیک به سرعت متوسط تمامی گروههای وسایل نقلیه می باشد که توسط تردد شمارهای ثابت سازمان راهداری و حمل نقل جاده ای در محور عبوری گرگان- کردکوی ثبت شده است .

۴)فاکتورهای استقامت غلتشی

این دسته از داده ها نیز که به آب و هوای منطقه و تاروپود روسازی بستگی دارند، که برای مناطق آب وهوایی ایران تنظیم شده است به نرم افزار وارد خواهند شد. باید دقت نمود که محور عبوری مورد نظر در استان گلستان بوده ودر ناحیه مجاورت دریای خزر می باشد.




**شکل۳**. انحنای افقی مسیر

## ۵- آنالیز محاسباتی هزینه بهره برداری وسیله نقلیه

هنگامی که محوطه های کاری شناسایی شده اند، هرکدام به طور جداگانه ارزیابی می شوند . این نقطه ای است که در آن اجزای هزینه کاربران کیفیت بندی می شوند و به مقادیر دلار تبدیل می شود . این بخش یک دستیابی برای ارزیابی واقعی و هزینه گذاری اجزای هزینه کاربران محوطه کاری را فراهم می آورد که ۱۲ گام آن شامل موارد زیر می باشد[7]:

۱) نیاز ترافیکی سال آینده پروژه

۲) محاسبه ظرفیت ساعتی مستقیم محوطه کاری

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

۳) تعیین ظرفیت جاده ها

۴) شناسایی اجزای هزینه کاربران

۵) کیفیت ترافیک متاثر توسط هر جزء

۶) محاسبه تاخیر سرعت کاهش یافته

۷) انتخاب و انتساب نرخ هزینه VOC

۸) انتخاب و انتساب نرخ هزینه تاخیر

۹) انتساب ترافیک به کلاسهای وسیله نقلیه

۱۰) محاسبه اجزای هزینه کاربران شخصی توسط کلاس وسایل نقلیه

۱۱) مجموع هزینه های کاربران محوطه کاری

۱۲) آدرس بندی جریانات و هزینه تصادف

**۶- داده های ترافیکی**

پنجره داده های ترافیکی شکل(۴) برای وارد کردن داده های ترافیکی خاص پروژه به منظور محاسبه هزینه کاربران استفاده می شود. این داده ها عبارتند از [8]:

- AADT سال ساخت (مجموع برای هر دو جهت) :

میانگین AADT سال ساخت را وارد نمایید. مجموع برای هر دو خط در سال شروع آنالیز.این مقدار با استفاده از فرمول زیر بدست می آید:

$$I_{AADT} = MT \times \left(1 + \frac{A}{100}\right)^{(IY-MY)} \qquad (2)$$

که در این رابطه :

$I_{AADT}$ = AADT سال ساخت اولیه (مجموع برای هر دو جهت)

MT = AADT آخرین سالی که اطلاعات AADT آن موجود می باشد (مجموع برای هر دو جهت)

A = نرخ رشد سالیانه ترافیک

IY = سال ساخت اولیه (همان سال شروع دوره آنالیز)

MY = آخرین سالی که اطلاعات AADT آن موجود می باشد

- درصد کامیونهای تک واحدی از AADT :

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

درصد کامیونهای تک واحدی از AADT ، را وارد می کنیم (کامیونهای تجاری با ۲ محور و چهار چرخ یا بیشتر)

از رابطه زیر برای محاسبه درصد کامیون تک واحدی از AADT استفاده می شود (فرض : درصد کل کامیون ها و درصد کامیونهای تک واحدی در آینده ثابت خواهند ماند):

$$SUT = T \times \left(\frac{TA}{100}\right) \quad (3)$$

که در این رابطه :

SUT = درصد کامیونهای تک واحدی از AADT

T = حجم ترافیکی تمامی کامیون ها (درصد از AADT کل)

TA = درصد کامیون های تک واحدی از کل کامیون ها

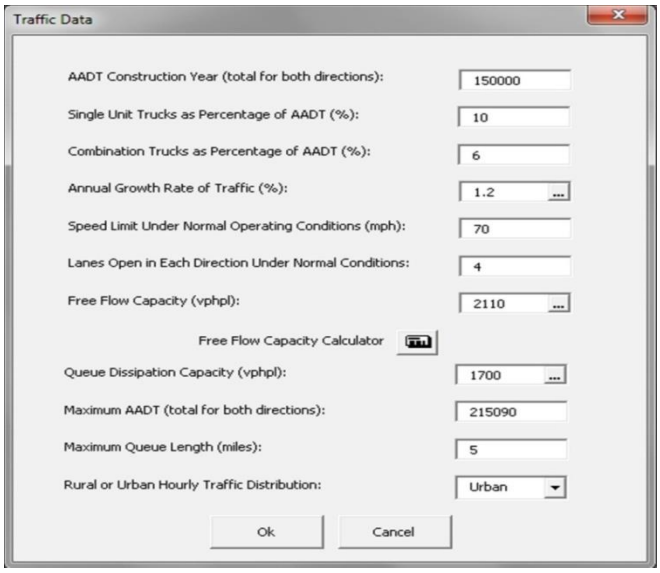
- درصد کامیون های چند واحدی از AADT (کامیونهای با ۳ محور و بیشتر):

درصدی از AADT که شامل کامیونهای ترکیبی (کامیونهای با ۳ محور و بیشتر) می باشد باید وارد کرد.

### ۷- ارزش زمانی کاربران

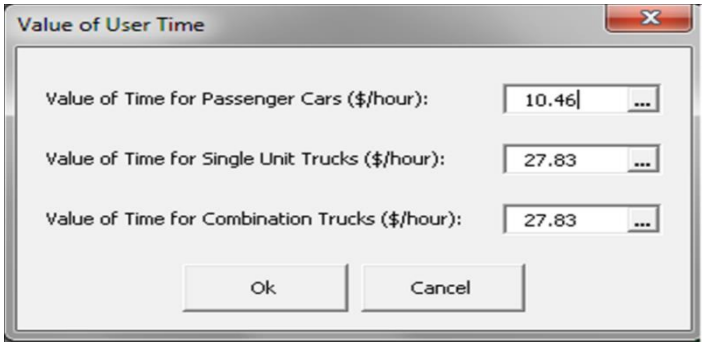
پانل " ارزش زمانی کاربران" شکل (۵) برای وارد کردن هزینه های تخمین زده شده برطبق یک ساعت از زمان کاربر می باشد. ارزش زمان کاربران برای انواع وسایل نقلیه می تواند متفاوت باشد و برای محاسبه هزینه های کاربر به ازای تاخیر در منطقه عملیاتی این مقادیر وارد می شوند.

FHWA نیز مقادیری برای ارزش زمانی کاربران پیشنهاد کرده که بصورت جدول (۶) مشاهده می شود[7].




**شکل۴**. پنجره داده های ترافیکی

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]




**شکل۵**. پنجره ارزش زمانی کاربران

**جدول۶**. مقادیری برای ارزش زمانی کاربران (پیشنهاد FHWA) [7]

| نوع وسیله نقلیه | ارزش دلاری به ازای هر وسیله نقلیه - ساعت | |
|---|---|---|
| | ارزش(دلار) | محدوده |
| وسیله شخصی | ۱۱/۵۸ | ۱۰ تا ۱۳ |
| کامیون های تک واحدی | ۱۸/۵۴ | ۱۷ تا ۲۰ |
| کامیون های چند واحدی | ۲۲/۳۱ | ۲۱ تا ۲۴ |

روش های مورد استفاده در برخورد با عمر مفید های نامساوی به صورت زیر می باشند[9]:

الف – تکرار پریود (سیاست) پروژه

در این روش فرض می شود که تمامی هزینه و فواید در عمر مفید گزینه ، در انتهای عمر آن گزینه تکرار می شود. در واقع این تکنیک در همه انواع آنالیز مشاهده می شود و جزء اصلی آن به حساب می آید.

ب) کوچکترین مضرب مشترک عمر مفید ها (LCM )

کوچکترین مضرب مشترک عمر مفید گزینه ها را به عنوان دوره آنالیز در نظر می گیریم . به عنوان مثال برای دو پروژه با عمرهای مفید ۳ و ۴ سال ، دوره ی آنالیز را ۱۲ سال در نظر گرفته می شود.

پ) سال نهایی

این روش در مواقعی که روش LCM دوره آنالیز غیر واقعی را لحاظ نمود ، مورد استفاده قرار می گیرد، به عنوان مثال برای دو گزینه با عمر مفید ۷ و ۱۳ سال تکنیک LCM عمر مفید ۹۱ سال را در نظر خواهد گرفت ، که غیر منطقی و غیر واقعیست . در این مواقع می توان از تکنیک سال نهایی استفاده نمود ، که یک سال نهایی برای گزینه ها در نظر گرفته شده و پریود گزینه ها را تا سال نهایی تکرار می کنند و آن دسته از سود و هزینه های پس از سال نهایی می باشد حذف می کنند .

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

## ۸- درجه بندی وضعیت خرابی روسازه ها

یکی از ویژگی‌های مهم سیستم مدیریت روسازی (PMS) آن است که هم توانایی تعیین وضعیت موجود شبکه روسازی را دارد و هم قادر است وضعیت آتی آن را پیش‌بینی نماید. برای آن که بتوان وضعیت روسازی را به نحو قابل اعتمادی پیش‌بینی نمود می‌بایست از یک سیستم درجه‌بندی عینی و قابل تکرار برای شناسایی وضعیت روسازی استفاده شود. روشی که در این جا به منظور درجه‌بندی وضعیت خرابی روسازی‌ها ارائه می‌شود، همان روش نشانه وضعیت روسازی (PCI) است که توسط گروه مهندسین ارتش ایالات متحده پیشنهاد شده است. PCI یک نشانه‌ی عددی است که مقدار آن از صفر برای یک روسازی غیر قابل استفاده تا ۱۰۰ برای یک روسازی کاملاً بی‌عیب و نقص تغییر می‌کند. محاسبه‌ی PCI بر اساس نتایج یک بررسی چشمی صورت می‌گیرد که در آن نوع، شدت و میزان خرابی مشخص می‌شود. PCI در ابتدا به عنوان نشانه‌ای از انسجام سازه‌ای روسازی و وضعیت به دست می‌آیند، شناختی درونی نسبت به علل خرابی و ارتباط آن با بارگذاری یا شرایط جوی به وجود می‌آورند.

### ۸-۱ روش‌های اجرای بررسی وضعیت

روش‌هایی که برای انجام یک بررسی وضعیت به منظور تعیین PCI به کار می‌روند بر حسب نوع رویه‌ی روسازی مورد بازرسی، تغییر می‌کنند. در مورد تمامی انواع رویه‌ها ابتدا باید قطعه روسازی به واحدهای نمونه تقسیم شود و به صورتی که در بخش قبلی توضیح داده شده مورد انتخاب قرار گیرد[10].

### ۸-۲ روسازی‌های دارای رویه‌ی آسفالتی

بررسی وضعیت برای کلیه‌ی روسازی‌هایی دارای رویه‌ی آسفالتی، قطرانی و آسفالت روی بتن موارد زیر در بر می‌گیرد:

تجهیزات مورد نیاز

بازرسین برای اندازه‌گیری طول و مساحت خرابی‌ها نیاز به یک مسافت‌سنج دستی همچنین یک گونیا و یک خط‌کش برای اندازه‌گیری عمق شیارها یا تورفتگی‌ها و یک کتابچه‌ی راهنمای PCI دارند.

مراحل انجام کار

بازرسی یک واحد نمونه با اندازه‌گیری نوع و شدت خرابی بر طبق کتابچه‌ی راهنمای PCI و واردکردن داده‌ها در پرسشنامه‌ی بررسی روسازی انعطاف‌پذیر انجام می‌پذیرد. هنگام انجام بررسی PCI می‌بایست منحصراً از این تعریف‌ها استفاده شود. برای هر واحد نمونه باید از یک پرسشنامه‌ی جدید استفاده شود. کد خرابی که در پرسشنامه آمده است همان کد هویت خرابی است که در سیستم Mirco PAVER بکار برده شده است. هر سطر در پرسشنامه برای معرفی یک نوع خرابی شدت معین بکار می‌رود.

### ۸-۳ نحوه محاسبه نشانه وضعیت روسازی PCI

پس از آن که بررسی وضعیت برای کلیه‌ی واحدهای نمونه‌ی انتخاب شده به پایان رسید از نتایج مربوطه در محاسبه‌ی PCI استفاده می‌شود. نشانه‌ی وضعیت روسازی را یا به صورت دستی و یا به کمک یک برنامه‌ی کامپیوتری و یا با وارد کردن اطلاعات خرابی‌ها در بانک اطلاعاتی سیستم Micro PAVER محاسبه می‌کنند. محاسبه‌ی PCI براساس ضرایب کاهندگی انجام می‌شود که عبارتند از ضرایب وزنی از صفر تا ۱۰۰ که تأثیر خرابی‌ها را بر وضعیت روسازی نشان می‌دهند. ضریب کاهندگی صفر نشانگر آن است که خرابی هیچگونه تأثیری بر وضعیت روسازی ندارد در حالی‌که ضریب کاهندگی ۱۰۰نشان‌دهنده‌ی یک خرابی فوق‌العاده جدی است[10].



[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

**۸-۴ محاسبه‌ی PCI یک واحد نمونه برای روسازی‌های آسفالتی**

گام اول: تعیین ضرایب کاهندگی

الف) برای هر نوع خرابی و هر سطح شدت مقادیر مربوطه را با یکدیگر جمع کرده و نتیجه را در خانه‌ی «مجموع» در پرسش‌نامه‌ی بررسی وضعیت وارد نمائید. میزان خرابی را می‌توان بسته به نوع خرابی بر حسب فوت (متر) و یا تعداد وقوع آن بیان نمود.

ب) مقدار مجموع برای هر نوع خرابی و هر سطح شدت را بر سطح کل واحد نمونه تقسیم کرده، آن‌گاه در ۱۰۰ ضرب کنید تا درصد تراکم برای هر واحد نمونه و هر نوع خرابی و سطح شدت به دست آید.

پ) ضریب کاهندگی برای همه‌ی ترکیبات نوع و سطح شدت خرابی را از منحنی‌های ضرایب کاهندگی خرابی بدست آورید.

گام دوم: تعیین حداکثر تعداد مجاز ضرایب کاهندگی (M)

الف) در صورتی‌که فقط یکی از ضرایب کاهندگی (یا هیچ‌یک از آن‌ها) بزرگتر از ۵ باشد در مورد فرودگاه‌ها و راه‌های بدون رویه و یا بزرگتر از ۲ در مورد راه‌های رویه‌دار و بدون رویه می‌توانید در گام چهارم به جای CDV ضریب کاهندگی کل را به کار ببرید. در غیر اینصورت باید بر طبق گام‌های (ب) و (پ) عمل کنید.

ب) ضرایب کاهندگی جزء را به ترتیب نزولی مرتب کنید.

پ) تعداد مجاز ضرایب کاهندگی (M) را با استفاده از فرمول‌های زیر تعیین نمائید، فرمول(۴) برای فرودگاه ها و راه های بدون رویه و رابطه ی (۵) برای راه های رویه دار در نظر گرفته می شود:

$$mi = 1 + \left(\frac{9}{95}\right)(100 - HDVi) \qquad (4)$$

$$mi = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - HDVi) \qquad (5)$$

که در اینجا:

mi : تعداد مجاز ضرایب کاهندگی با احتساب اعشار برای واحد نمونه‌ی i

HDVi : بزرگ‌ترین ضریب کاهندگی جزء برای واحد نمونه‌ی i

د) تعداد ضرایب کاهندگی جزء تا مقدار m با احتساب اعشار تقلیل داده می‌شود. در صورتی‌که کمتر از m ضریب کاهندگی در اختیار باشند باید از همه‌ی ضرایب کاهندگی استفاده شود.

گام سوم: تعیین حداکثر ضریب کاهندگی اصلاح شده (حداکثر CDV)

حداکثر CDV را به روش سعی و خطا به صورت زیر تعیین می‌کنند:

الف) تعداد ضرایب کاهندگی بزرگتر از ۵ را در مورد فرودگاه‌ها و راه‌های بدون رویه و بزرگتر از ۲ را در مورد راه‌های رویه‌دار تعیین نمائید.



[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

ب) ضریب کاهندگی کل را با جمع کردن همه‌ی ضرایب کاهندگی جزء با یکدیگر بدست آورید.

پ) مقدار CDV را با داشتن q و ضریب کاهندگی کل با استفاده از منحنی تصحیح مربوطه تعیین نمائید.

ت) برای فرودگاه‌ها و راه‌های بدون رویه کوچکترین ضریب کاهندگی جزء را که بزرگتر از ۵ است به ۵ تقلیل دهید. برای هر دو نوع کوچک‌ترین ضریب کاهندگی جزء را که بزرگتر از ۲ است به ۲ تقلیل دهید. (گام‌های (الف) تا (پ) را آنقدر تکرار کنید تا q برابر با ۱ شود.

ث) حداکثر CDV برابر با بزرگترین CDV بدست آمده می‌باشد.

گام چهارم: محاسبه مقدار PCI را با کم کردن حداکثر CDV

**۸-۵ محاسبه‌ی PCI یک قطعه**

در صورتی‌که کلیه واحدهای نمونه در یک قطعه مورد بررسی قرار گرفته باشند می‌توان PCI قطعه را با میانگین گرفتن از PCIهای همه‌ی واحدهای نمونه بدست آورد. لیکن بازرسی براساس نمونه برداری راه‌حل دیگری دارد. در صورتی‌که همه‌ی واحدهای نمونه مورد بررسی بر اساس روش سیستماتیک تصادفی و یا روش معرف قطعه انتخاب شده باشند، PCI قطعه با معدل‌گیری از واحدهای نمونه‌ی بازرسی شده تعیین می‌شود. در صورتی‌که واحدهای نمونه‌ی اضافی بازرسی شده باشند، باید از یک میانگین وزنه‌بندی شده استفاده کنیم. میانگین وزنه‌بندی شده به کمک معادله‌ی(۶) بدست می‌آید[11]:

$$PCIs = \frac{(N - A)PCIr + A.\,PCIa}{n} \qquad (6)$$

PCIs : PCI قطعه‌ی روسازی

PCIr : میانگین PCI نمونه‌های تصادفی (یا معرف)

PCIa : میانگین PCI نمونه‌های تصادفی

N: تعداد کل نمونه‌ها در قطعه

A: تعداد نمونه‌های اضافی بازرسی شده

**۸-۶ محاسبه‌ی PCI محور گرگان – کردکوی**

محور مورد مطالعه گرگان-کردکوی که در منطقه غربی استان گلستان واقع است با استفاده از بازرسی چشمی نشانه وضعیت روسازی (PCI) بررسی کردهایم ونتایج آن در این بخش گنجانده شده است. این بزرگراه که از راههای اصلی کشور محصوب می شود دارای طول ۲۴ کیلومتر می باشد، که بزرگراهیست که با استفاده از جزایر میانی جهت رفت و برگشت آن مجزا شده است. در هر جهت از بزرگراه دو لاین عبوری وجود دارد که عرض هر یک از آنها ۳/۶۵ متر می باشد. با توجه به موارد ذکر شده در بخش های قبلی نمونه ها را در عرض ۷/۳ و طول ۳۰ متر و به مساحت ۲۱۹ متر مربع انتخاب نموده ایم که به عدد ۹۰ $\pm$ ۲۳۰ که توصیه شده است نزدیک است و مناسب به نظر می رسد. با توجه به این نوع تقسیم بندی تعداد کل واحدهای نمونه در این قطعه ۱۶۰۰ عدد خواهد بود، که در هر جهت ۸۰۰ (۲۴۰۰۰/۳۰) نمونه وجود خواهد داشت.

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

**۸-۶-۱ اولین انتخاب تصادفی (S)**

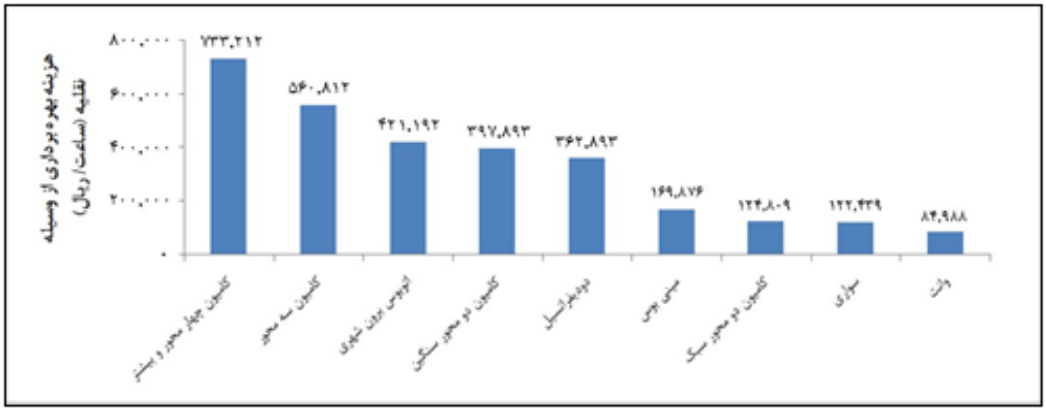
با توجه به نتایج به دست آمده، ۱۶ واحد نمونه باید تحت بررسی قرار بگیرند و اولین نمونه یعنی نمونه ۱واقع در کیلومتراژ اول بزرگراه از سمت گرگان به کردکوی می باشد و نمونه های دیگر به ترتیب نمونه های ۱۰۱، ۲۰۱، ۳۰۱، ۴۰۱ و..... می باشند. در جدول(۷) نمونه ای از جزییات محاسبه شاخصPCI برای محور گرگان-کردکوی نمایش داده شده است.

**جدول۷**. نمونه ای از جدولهای پر شده نمونه جهت کسب PCI

| قطعه : بزرگراه گرگان – کردکوی | | | جهت: رفت (گرگان به کردکوی) | | | | | واحد نمونه : ۴۰۱ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CDV | q | کل | ضرایب کاهندگی | | | | | | | # |
| ۶۶ | ۶ | ۱۳۶/۶۴ | ۰/۶۴* | ۵ | ۷ | ۱۶ | ۲۴ | ۴۲ | ۴۲ | ۱ |
| ۷۰ | ۵ | ۱۳۳/۶۴ | ۰/۶۴ | ۲ | ۷ | ۱۶ | ۲۴ | ۴۲ | ۴۲ | ۲ |
| ۷۳ | ۴ | ۱۲۸/۶۴ | ۰/۶۴ | ۲ | ۲ | ۱۶ | ۲۴ | ۴۲ | ۴۲ | ۳ |
| ۷۰ | ۳ | ۱۱۴/۶۴ | ۰/۶۴ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲۴ | ۴۲ | ۴۲ | ۴ |
| ۶۵ | ۲ | ۹۲/۶۴ | ۰/۶۴ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۴۲ | ۴۲ | ۵ |
| ۵۰ | ۱ | ۵۲/۶۴ | ۰/۶۴ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۴۲ | ۶ |

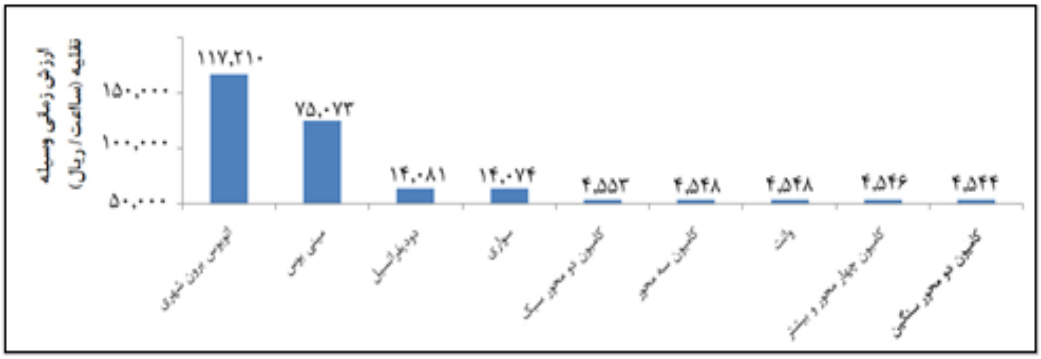
## ۹- نتایج و خروجی های مدل هزینه های کاربران HDM-4 (RUCKS)

پس از داده های مورد نیاز RUCKS برای ناوگان وسایل نقلیه و مشخصات مسیر، نرم افزار هزینه کاربران راه را که شامل هزینه بهره برداری از وسیله نقلیه و هزینه ارزش زمانی وسیله نقلیه می شود به عنوان خروجی به ما می دهد. لازم به ذکر است که هزینه بهره برداری از وسیله نقلیه شامل هزینه سوخت، روغن، لاستیک، نگهداری، خدمه، استهلاک و کاهش قیمت می باشد، و هزینه ارزش زمانی کاربران نیز شامل هزینه تأخیر زمانی مسافرین و بار می باشد. نتایج حاصل از خروجی این نرم افزار را در نمودار های شکل(۶) و (۷) به صورت نزولی برای هر یک از هزینه های بهره برداری وسیله نقلیه و هزینه ارزش زمانی رسم نموده ایم.




**شکل۶**. نمودار نزولی هزینه بهره برداری از وسیله نقلیه حاصل از نتایج نرم افزار RUCKS

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]




**شکل۷**. نمودار نزولی ارزش زمانی وسیله نقلیه حاصل از نتایج نرم افزار RUCKS

### ۹-۱ تعیین ورودی های ترافیکی

برای تعیین این نوع از ورودی ها ابتدا AADT (میانگین تردد روزانه) برای سالهای ۸۰ و ۸۹ را از وب سایت سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای[10] مطابق جدول(۸) استخراج نموده ایم و با استفاده از روابط موجود ورودیها را مشخص نموده ایم.

**جدول۸**. میانگین تردد روزانه سالانه محور گرگان – کردکوی در سال ۸۰ و ۸۹

| | ۸۰ | | ۸۹ | |
|---|---|---|---|---|
| | گرگان - کردکوی | کردکوی - گرگان | گرگان - کردکوی | کردکوی - گرگان |
| میانگین جهتی | ۱۱۱۷۹ | ۱۰۳۷۸ | ۱۷۲۵۸ | ۱۶۶۱۲ |
| مجموع | ۲۱۵۵۷ | | ۳۳۸۷۰ | |

- نرخ رشد ترافیک با استفاده از رابطه زیر بصورت زیر قابل محاسبه است :

$$A = \left[\left(\frac{33870}{21557}\right)^{\left(\frac{1}{1389-1380}\right)} - 1\right] \times 100 = 5\ \%$$

- AADT سال ساخت مقدار با استفاده از رابطه زیر بدست می آید:

$$I_{AADT} = 33870 \times \left(1 + \frac{5}{100}\right)^{(1390-1389)} = 35564$$

- کامیونهای تک واحدی بر حسب درصدی از AADT :

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

با استفاده از آمار ترافیکی سال ۸۰ که بصورت بصری انجام شده است ، ترافیک موجود در سال ۸۶ را بر اساس تردد سال ۸۰ تفکیک می کنیم تا درصد کامیونهای تک واحدی از مینی بوس ها جدا شوند (این عمل با استفاده از میانگین وزنی انجام شده است). با توجه به نتایج تفکیک سازی درصد کامیونهای تک واحدی (کامیون دو محور سبک) ۵/۸ درصد و کامیونهای چند واحدی (کامیون دو محور سنگین، کامیون سه محور و کامیون چهار محور و بیشتر) برابر با ۴/۹۳ درصد است.

- سرعت مجاز بزرگراه ۱۱۰ کیلومتر در ساعت انتخاب شده و خطوط آزاد برای عبور از هر جهت دو خط می باشد.
- ظرفیت جریان آزاد :

از آنجایی که اطلاعات کافی برای تعیین ظرفیت راه مورد نظر وجود ندارد (درصد و طول سربالایی)، از اطلاعات ارایه شده توسط اداره حمل و نقل کالیفرنیا استفاده شده است، که برای راههای چند خطه مسطح ۲۱۷۰ را پیشنهاد کرده است.

- ظرفیت اتلافی صف :

با توجه به درصد وسایل نقلیه سنگین (درصد کل کامیونها) و ضریب معادل سواری، ظرفیت اتلافی صف را از رابطه زیر بدست می آوریم:

$$QC = \frac{1800 \times 100}{[100 + 10/73 \times (1/5 - 1)]} = 1708$$

- ماکزیمم AADT (مجموع برای هر دو جهت):

این مقدار نشان دهنده ی بیشترین مقدار ترافیک است که در راه مورد نظر در ظرف ۲۴ ساعت به وجود خواهد آمد. ماکزیمم AADT (مجموع برای هر دو جهت) را از رابطه زیر بدست می آوریم :

$$AADT_{max} = \frac{57000 \times 4 \times 100}{[100 + 10/73 \times (1/5 - 1)]} = 216391$$

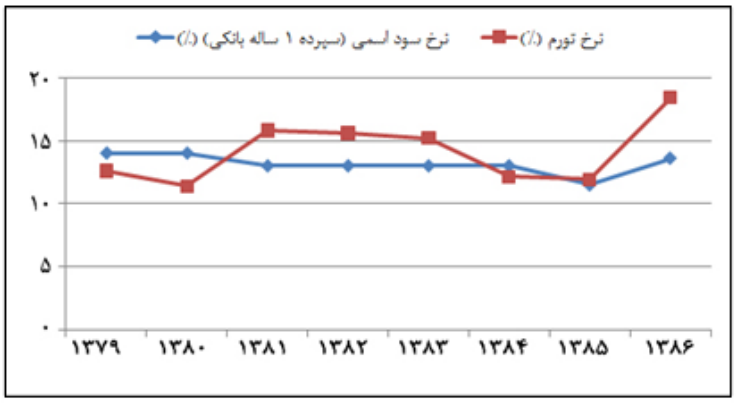
و برای هر خط عبوری بزرگراه خواهیم داشت:

$$\frac{216391}{4} = 54098$$

- ماکزیمم طول صف :

اگر اطلاعات خاص پروژه در دسترس نباشند ، برای بزرگراههای دو خطه مقدار ۷ مایل (۱۱/۲۷ کیلومتر) و برای برزگراههای چند خطه ۵ مایل (۸/۰۵ کیلومتر) را در نظر می گیریم.

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]




**شکل۸**. منحنی های نرخ سود اسمی و نرخ تورم کشور از سال ۷۹ تا ۸۶

### ۹-۲ ارزش زمانی کاربر

برای تعیین ارزش زمانی کاربر، از آنجایی که نرم افزار برای سه نوع از خودرو ها قابلیت دریافت اطلاعات دارد، یعنی خودروهای شخصی- مسافری ، کامیون های تک واحدی و کامیون های چند واحدی ، به گونه ی نشان داده شده در جدول (۹) عمل نموده ایم. خودروهای شخصی- مسافری را که شامل سواری، وانت، دو دیفرانسیل ، مینی بوس و اتوبوس می باشند در یک گروه قرار داده و میانگین وزنی بر اساس ترافیک عبوری برای هزینه ارزش زمانی آنها بدست آورده ایم . همچنین برای دو گروه دیگر، یعنی کامیون های تک واحدی که شامل کامیون های دو محور سبک می باشند و کامیون های چند واحدی که شامل کامیون های دو محور سنگین، سه محور و بیش از سه محور میانگین وزنی بر اساس ترافیک عیوری استفاده شده است. نکته ی قابل توجه در این بخش این است که برای تبدیل خودرو های دو دیفرانسیل و وانت از آمار تولیدی ۴۲ ساله (۸۹-۴۷) استفاده شده است.

**جدول۹**. هزینه ارزش زمانی کاربران و هزینه بهره برداری از وسیله نقلیه برای خودروهای شخصی

| کلاس خودرو | خودرو | آمار تولیدی ۴۲ ساله (۱۳۴۷-۱۳۸۹) | هزینه ارزش زمانی (ریال\ساعت) | هزینه بهره برداری از وسیله نقلیه (ریال\ساعت) |
|---|---|---|---|---|
| خودرو شخصی | سواری | ۱۰،۷۴۴،۵۳۹ | ۱۴۰۷۳/۷ | ۱۲۲۴۳۹ |
| | وانت | ۱،۹۱۰،۳۳۵ | ۴۵۴۷/۸ | ۸۴۹۸۷/۸ |
| | دو دیفرانسیل | ۲۹۴،۲۳۹ | ۱۴۰۸۱ | ۳۶۲۸۹۲/۶ |
| | میانگین وزنی | | ۱۲۶۶۸/۶ | ۱۲۲۳۷۷/۷ |

### ۹-۳ زمان و هزینه ی اضافی وسیله نقلیه

همانند ارزش زمانی کاربران برای هزینه بهره برداری از وسیله نقلیه نیز میانگین وزنی ترافیکی برای سه کلاس خودرو معرفی شده تعیین می نماییم. برای ورودی های زمان و هزینه اضافی وسایل نقلیه ، هزینه بهره برداری هر یک از کلاس های خودرو را در مدت زمان تلف شده برای ۱۰۰۰ توقف درسرعت اولیه های مختلف که مقادیر آنها توسط " وینفری" ارائه شده است[12]، ضرب می کنیم و هزینه ی بهره برداری از وسیله نقلیه به ازاء ۱۰۰۰ توقف در سرعت اولیه های متفاوت بدست آورده و مطابق جدول(۱۰) وارد نرم افزار می کنیم.


[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

Real Cost خود به ازاء تغییر سرعتهایی که در منطقه عملیاتی به وجود می آید، هزینه بهره برداری وسایل نقلیه را محاسبه می نماید. لازم به ذکر است که هزینه اضافی بهره برداری وسیله نقلیه که به علت به وجود امدن صف حاصل می شود در این تحقیق لحاظ نشده است.

با توجه به نتایج خروجی نرم افزار Real cost می توان به نکات زیر اشاره نمود:

همان طور که درشکل(۹) مشاهده می شود بیشترین هزینه های کرفرما به گزینه تناوبی ۱ تعلق دارد که یک گزینه تناوبی تعمیر و نگهداری اصلاحی می باشد و کم هزینه ترین گزینه تناوبی از لحاظ هزینه های کارفرما گزینه تناوبی ۲ که یک گزینه تناوبی تعمیر و نگهداری پیشگیرانه است.

بیشترین هزینه های کاربران را گزینه تناوبی۳ و دلیل این عمر نیز مربوط می شود به تعداد فعالیت های بهسازی این گزینه در طول دوره آنالیز، به طوری که این گزینه ۸ فعالیت بهسازی را داراست در صورتی که گزینه تناوبی۱ دو فعالیت و گزینه ی ۲ ، ۴ فعالیت را داراست. گزینه ۲ از نظر هزینه های کاربران نیز اقتصادی ترین گزینه تناوبی می باشد .

مقادیر تنزیل نشده که اندازه آنها از مقادیر تنزیل شده کمتر است ، و این موضوع حاصل از نرخ تنزیل منفی در نظر گرفته شده می باشد که عکس العمل معکوس را داراست.

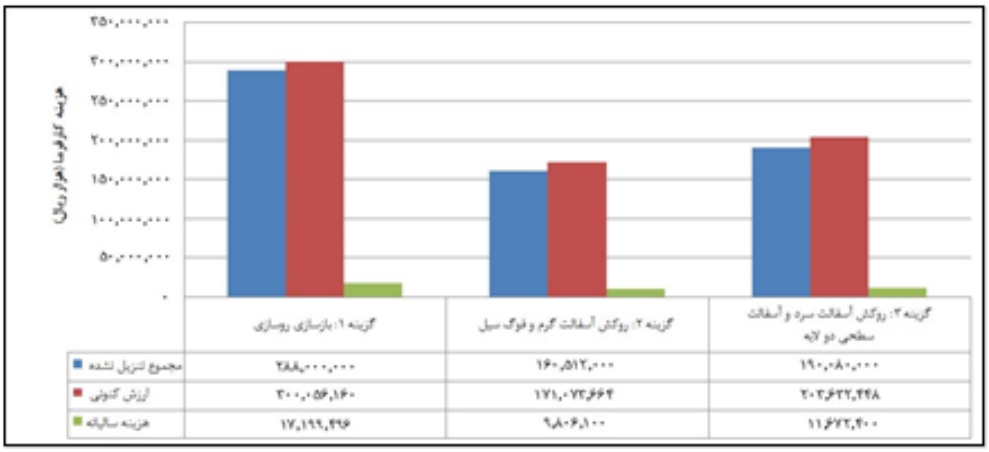
با توجه به دیاگرام جریان توسعه هزینه ها ی کاربران شکل(۱۰) مشاهده می شود که هزینه های کاربران در طول دوره آنالیز برای هر فعالیت بهسازی بیشتر خواهد شد و این موضوع نشان دهنده رشد ترافیک و در نتیجه افزایش هزینه های کاربران می باشد.با توجه به تمامی نتایج حاصل گزینه تناوبی ۲ به عنوان مقرون به صرفه ترین گزینه تناوبی از بین گزینه های تناوبی پیشنهادی می باشد و با انتخاب این سیاست تعمیر و نگهداری روسازی راه علاوه بر حفظ وضعیت مناسب روسازی محور گرگان – کردکوی از لحاظ اقتصادی نیز برتری خاصی بر دیگر سیاست ها دارد.

**جدول۱۰**. زمان و هزینه اضافی وسیله نقلیه برای سه کلاس وسایل نقلیه

| سرعت اولیه km/h (mph) | زمان اضافی شده به ازاء ۱۰۰۰ توقف (ساعت) | | | هزینه اضافی شده به ازاء ۱۰۰۰ توقف (ریال) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | خودروی شخصی - مسافری | کامیون تک واحدی | کامیون چند واحدی | خودروی شخصی - مسافری | کامیون تک واحدی | کامیون چند واحدی |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۸/۰۵ (۵) | ۱/۰۲ | ۰/۷۳ | ۱/۱ | ۱۳۵۹۱۷/۰۴ | ۹۱۱۱۰/۵۷ | ۵۹۴۹۲۴ |
| ۱۶/۰۹ (۱۰) | ۱/۵۱ | ۱/۴۷ | ۲/۲۷ | ۲۰۱۲۱۰/۵۲ | ۱۸۳۴۶۹/۲۳ | ۱۲۲۷۷۰۶/۸ |
| ۲۴/۱۴ (۱۵) | ۲ | ۲/۲ | ۳/۴۸ | ۲۶۶۵۰۴ | ۲۷۴۵۷۹/۸ | ۱۸۸۲۱۲۳/۲ |
| ۳۲/۱۹ (۲۰) | ۲/۴۹ | ۲/۹۳ | ۴/۷۶ | ۳۳۱۷۹۷/۴۸ | ۳۶۵۶۹۰/۳۷ | ۲۵۷۴۳۹۸/۴ |

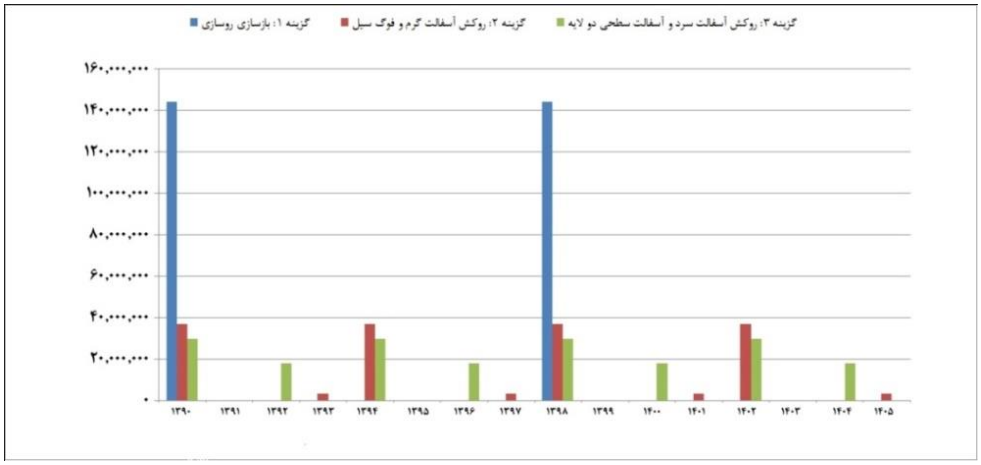
[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (۲۵) ۴۰/۲۳ | ۲/۹۸ | ۳/۶۷ | ۶/۱ | ۳۹۷۰۹۰/۹۶ | ۴۵۸۰۴۹/۰۳ | ۳۲۹۹۱۲۴ |
| (۳۰) ۴۸/۲۸ | ۳/۴۶ | ۴/۴ | ۷/۵۶ | ۴۶۱۰۵۱/۹۲ | ۵۴۹۱۵۹/۶ | ۴۰۸۸۷۵۰/۴ |
| (۳۵) ۵۶/۳۳ | ۳/۹۴ | ۵/۱۳ | ۹/۱۹ | ۵۲۵۰۱۲/۸۸ | ۶۴۰۲۷۰/۱۷ | ۴۹۷۰۳۱۹/۶ |
| (۴۰) ۶۴/۳۷ | ۴/۴۲ | ۵/۸۷ | ۱۱/۰۹ | ۵۸۸۹۷۳/۸۴ | ۷۳۲۶۲۸/۸۳ | ۵۹۹۷۹۱۵/۶ |
| (۴۵) ۷۲/۴۲ | ۴/۹ | ۶/۶ | ۱۳/۳۹ | ۶۵۲۹۳۴/۸ | ۸۲۳۷۳۹/۴ | ۷۲۴۱۸۴۷/۶ |
| (۵۰) ۸۰/۴۷ | ۵/۳۷ | ۷/۳۳ | ۱۶/۳۷ | ۷۱۵۵۶۳/۲۴ | ۹۱۴۸۴۹/۹۷ | ۸۸۵۳۵۵۰/۸ |
| (۵۵) ۸۸/۵۱ | ۵/۸۴ | ۸/۰۷ | ۲۰/۷۲ | ۷۷۸۱۹۱/۶۸ | ۱۰۰۷۲۰۸/۶۳ | ۱۱۲۰۶۲۰۴/۸ |
| (۶۰) ۹۶/۵۶ | ۶/۳۱ | ۸/۸ | ۲۷/۹۴ | ۸۴۰۸۲۰/۱۲ | ۱۰۹۸۳۱۹/۲ | ۱۵۱۱۱۰۶۹/۶ |
| (۶۵) ۱۰۴/۶۱ | ۶/۷۸ | ۹/۵۳ | ۳۱/۶۰۵ | ۹۰۳۴۴۸/۵۶ | ۱۱۸۹۴۲۹/۷۷ | ۱۷۰۹۳۲۴۸/۲ |
| (۷۰) ۱۱۲/۶۵ | ۷/۲۵ | ۱۰/۲۷ | ۳۹/۴۸ | ۹۶۶۰۷۷ | ۱۲۸۱۷۸۸/۴۳ | ۲۱۳۵۲۳۶۳/۲ |
| (۷۵) ۱۲۰/۷ | ۷/۷۱ | ۱۱ | ۴۷/۹ | ۱۰۲۷۳۷۲/۹۲ | ۱۳۷۲۸۹۹ | ۲۵۹۰۶۲۳۶ |
| (۸۰) ۱۲۸/۷۵ | ۸/۱۷ | ۱۱/۷۳ | ۵۷/۶۸ | ۱۰۸۸۶۶۸/۸۴ | ۱۴۶۴۰۰۹/۵۷ | ۳۱۱۹۵۶۵۱/۲ |




**شکل۹**. نمودار هزینه کارفرما گزینه های تناوبی

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]




**شکل۱۰**. دیاگرام جریان توسعه هزینه کارفرما گزینه های تناوبی

## ۱۰- نتیجه گیری

براساس مطالعات انجام شده در این پژوهش، می توان نتایج حاصل را به صورت زیر خلاصه و جمع بندی کرد:

هزینه های کاربران راه به عنوان یک عامل بسیار تأثیر گذار در تحلیل هزینه های چرخه عمر و ارزیابی اقتصادی گزینه های تعمیر و نگهداری روسازی مورد توجه می باشد. این هزینه ها بسیار هنگفت بوده و در برخی پروژه ها به نیمی از هزینه های کارفرما می رسند. لذا جهت ارزیابی اقتصادی گزینه های تعمیر و نگهداری روسازی راه لازم است، هزینه های کاربران در نظر گرفته شوند.

بهره گیری از تحلیل هزینه های چرخه عمر یکی از روش های جدید برای ارزیابی پروژه های راه می باشد و این روش هنگامی استفاده خواهد شد که اجرای پروژه ضروری باشد. این نوع ارزیابی اقتصادی مقرون به صرفه ترین گزینه ی اجرایی را مشخص خواهد کرد.

ارزیابی وضعیت موجود روسازی یکی از نیازهای اساسی مدیریت روسازی کشور می باشد. جهت ارزیابی دقیق استفاده از ابزار و ماشین آلات پیشرفته ضرورت داشته و روشهای بازرسی چشمی دقت لازم را ندارند و در ضمن این ابزار پیشرفته علاوه بر افزایش سرعت و دقت باعث کاهش قضاوت های نادرست خواهند شد.

استفاده از مدل های مناسب و منطقی برای قضاوت اقتصادی بر روی گزینه های تعمیر و نگهداری به مسئولین کمک می کنند تا دید اقتصادی بر عملکرد روسازی در سالهای آتی داشته باشند که از نمونه های آن می توان به سیستم نرم افزار Real Cost که روش تحلیل هزینه های چرخه عمر را انجام می دهد، اشاره نمود.

نتایج بدست آمده از نرم افزار Real Cost در ارزیابی اقتصادی گزینه های تناوبی تعمیر و نگهداری روسازی راه نشان دهنده مقرون به صرفه بودن گزینه های پیشگیرانه تعمیر و نگهداری روسازی می باشند و این موضوع طبق انتظارات پیش بینی شده می باشد..

بررسی شاخص های خرابی روسازه می تواند سبب تعمیر و بهسازی بسیاری از نقاط ضعف راه های مواصلاتی در نقاط مختلف کشور گردد. بنابراین با گسترش مطالعات و محاسبه و برآورد شاخص های خرابی بر محورهای مواصلاتی متعدد کشور می تواند، باعث بهبود کیفی سیستم حمل و نقل کشور گردد.

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

## منابع

[1] “ HDM-4 Road Use Costs Model Version 2 Documentation”, World Bank Technical Documentation, The World Bank, Washington, D.C., 2010.

[2] ”Life-cycle Cost Analysis Procedures Manual”, State of California Department of Transportation, Pavement Standards Team & Division of Design, 2007 HDM-4 Road Use Costs Model Version 2 Documentation”, World Bank Technical Documentation, The World Bank, Washington, D.C., 2010.

[3] Fakhri, M, Rooeinbakht, F, “APPLICATION OF HDM-4 AS A ROAD MANAGEMENT SYSTEM IN IRAN”, 6th International Conference on Managing Pavements, Australia, 2004.

[4] پورمعلم، ن، نادعلی، ع.ا ،" ارزیابی منافع به هزینه های (B/C) ناشی از کاربرد سیستم های حمل و نقل هوشمند (ITS) در بزرگراههای شهری"

[5] "سالنامه آماری کشور در سال ۱۳۸۶"، مرکز آمار ایران ، تهران، ۱۳۸۷.

[6] "سالنامه آماری کشور در سال ۱۳۸۵"، مرکز آمار ایران ، تهران، ۱۳۸۶.

[7] Walls III, J., Smith, M.R., “Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design- Interim Technical Bulletin”, U.S. department of Transportation, Federal Highway Administration, Pavement Division, Publication No. FHWA-SA-98-079, Washington DC, September 1998.

[8] ”Life-cycle Cost Analysis Procedures Manual”, State of California Department of Transportation, Pavement Standards Team & Division of Design, 2007

[9] Rosenkrantz, P.R., “Overview of Accounting, EGR 403 Capital Allocation Theory” , Industrial & Manufacturing Engineering Department Cal Poly Pomona.

[10] عامری، م، افتخارزاده، ف (مترجمان)، مدیریت روسازی برای راهها، فرودگاهها و پارکینگ ها؛ چاپ اول، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۷۸.

[11] ASTM D6433, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index .

[12] Winfrey. R., Economic Analysis for Highways, International Textbook Company, 1969.Computers and Structures, Inc. SAP2000, version 7.4, Integrated structural analysis and design software. Berkeley, CA; 2000.

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]

Journal of Civil Engineering and Structures ISSN (Online): 2588-3283

Case study

# Study of the economic evaluation of road pavement maintenance options along with road pavement malfunctioning

**Esmaeil Abdollahzadeh**

**ARTICLEINFO**

**Article history**
Received 6 January, 2018
Accepted 17 February, 2018

**Key words:**
Pavement maintenance life
Cycle cost
Real cost software
PCI indicator
Gorgan-Kurdkuy axis

**ABSTRACT**

Appropriate selection of road pavement maintenance options is economically an important process in the pavement maintenance management system. Using appropriate and reasonable models for economic judgment on periodic maintenance Alternative is an important and important point within the framework of the pavement management system, which analyzes the cost of life cycle of one of these methods. On the other hand, the study of failure indicators to identify the weaknesses of communication routes, in addition to improving the transport situation, can lead to preventing bad and bitter driving accidents. In this research, the input information required by RUCKS software was first provided and the basic values for the cost components of users were obtained, then the results of this software, along with other inputs required by Real Cost software, were compiled using Lifecycle cost analysis method, economic evaluation on the periodic options of pavement maintenance and maintenance has been introduced. In this study, the PCI index was used to investigate the structural integrity of the pavement and to achieve the pavement failure status. In order to apply the present research, the Gorgan-Kordkuy axis has been studied and evaluated, and all the parameters introduced in the Gorgan-Kordkuy axis have been presented. The results of the study show that failures in the Gorgan-Kordkuy axis can lead to irreparable damage over time as a result of non-refurbishment and restoration.

Corresponding author: Esmaeil Abdollahzadeh
E-mail addresses: Abdollahzadeh.e@yahoo.com

[ Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-29 ]