



Calculating the cost of time loss in traffic accidents by different types of roads and vehicles (Case Study: Khorasan Razavi rural roads)

A. A. Sadeghi^{1*}, M. Jalili Qazizadeh²

¹Department of civil engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

²Department of Civil Engineering, Quchan University of Technology, Quchan, Iran

ABSTRACT: In cost-benefit analysis and prioritization of safety countermeasure, it is necessary to estimate the social costs of accidents. One of the crash costs is the cost of users' time loss due to delays caused by accidents. In most studies, this factor has been ignored or considered only as a general estimate and no specific method has been considered for it. In this research, an analytical method has been proposed to calculate the cost of the delay caused by accident and the factors affecting it have been investigated. Another objective of this paper is to investigate and compare the cost of time loss to road users in different types of accidents according to the type of vehicles and roads. In a case study, the total time loss of users in various accidents is calculated. The results show that accidents on freeways-highways and especially heavy vehicle accidents cause the most wasted time for users. Total time loss in each injury or fatal accident on the freeway-highway, major road and secondary road is 2039.65, 700.39 and 95.90, respectively. Also, it is found that the share of freeway-highway, major and secondary roads from the total time lost in rural accidents is 43.69, 54.92 and 1.39 percent, respectively. The average time lost in each rural accident is 869 people - hour and its cost in 2016 is equal to 27.3 million Rials, which is about 0.6% of the total cost of rural accidents. The results show that although the cost of time lost in accidents on low-traffic roads can be neglected, it is still significant on expressways and highways.

Review History:

Received: Apr. 22, 2020

Revised: Jun. 18, 2020

Accepted: Jul. 07, 2020

Available Online: Aug. 21, 2020

Keywords:

Rural accident

Traffic safety

Crash cost

Traffic delay

Time loss of accident

1. INTRODUCTION

Calculating the cost of road accidents creates a more appropriate view of its impact on the economy and social welfare and also justifies investing in safety. One of the crash costs is the cost of time lost in traffic congestion due to accidents. In a study on traffic congestion costs, Kim [1] mentioned accidents as one of the factors affecting traffic congestion. Also, Bardal and Jørgensen [2], in their research on the importance of delay costs and seasonal changes in road accidents, have shown that the cost of delay is about 10% of the social costs of accidents, and especially this cost is higher in winter.

The purpose of this study is to investigate and calculate the cost of delay due to the accident and the factors affecting it. Also, the cost of delay for road users in different types of accidents (separately for heavy and light vehicles) and different types of roads (freeway-highway, main road and side road) are compared and evaluated using a case study.

2. METHODOLOGY

After the accident, occurs a blockage or disruption in traffic flow. This creates a delay for vehicles arriving at the scene of the accident. The number of vehicles in the queue increases with the rate g_i and after the handling time, the queue of vehicles decreases with the rate g_i and disappears.

*Corresponding author's email: a.sadeghi@hsu.ac.ir

Handling time means when the vehicles and effects of the accident are removed from the lanes, which is the function of "arrival speed of rescue equipment and time to eliminate the effects of the accident. The model defined by Custer and Wright [3] is used to calculate the loss time and the maximum queue length. According to this model, the total time loss for all vehicles (TTL_v) is equal to:

$$TTL_v = \frac{1}{2} \times g_i \times HT^2 \times \left(1 + \frac{g_i}{g_f}\right) \quad (1)$$

The total time loss of users (vehicle occupants) can also be calculated as follows:

$$TTL_p = TTL_v \times \frac{\sum_{i=1}^n n_i \times p_i}{\sum_{i=1}^n n_i} = TTL_v \times \bar{P} \quad (2)$$

Where \bar{P} is the average number of vehicles occupants and p_i and n_i are the average number of occupants and the number of vehicles of the i -th type, respectively.

The total cost of time loss due to the accident is calculated as follows:

$$TC = \left[\sum_{j=1}^m C_j \times R_j \right] \times TTL_p \quad (3)$$



Where R_j and C_j are the share and cost of the trip with goal j , respectively, of the total trips.

3. CASE STUDY

In this section, using a case study in the roads of Khorasan Razavi province, Iran, the amount of time lost and its average cost are analyzed separately by road and accident types. Information on fatality and injury accidents [4, 5] has been considered and the road blockage situation has been obtained by examining 207 accident reports that have a more detailed description. The handling times are also estimated based on interviews with experts who are present at the scene to investigate the accident.

Fig. 1 shows the total time loss in accidents by road and accident types. These values are calculated using Equation (1). The weighted average of the lost time is obtained according to the ratio share of each type of accident in these roads.

The average occupant of each vehicle is equal to 3.13 people [6] and using Equation (2), the total time loss of users (TTLp) can be calculated. Based on household income and household size and number of working hours per month [7], the average per capita income is 40,278 Rials per hour. On the roads of Khorasan province, business trips make up 56% of trips and non-working trips 44% of the trips [6].

Based on purpose, 56 % of trips are work trips and 44 % are non-work trips. Therefore, according to equation (3) and assuming that the value of non-working hours is 50% of the value of working hours, the value of lost time is calculated as 31417 Rials per hour. Depending on the road type, the value

of time lost in each accident on major roads and freeways is 2.2 and 6.4 million Rials, respectively.

4. RESULTS AND DISCUSSION

Equation (1) shows that there is a quadratic relationship between total time loss and accident handling time.

Therefore, a small reduction in the handling time and elimination of the accident bottleneck will have a greater effect on reducing the TTL.

The results of Table 1 show that despite the smaller handling time on freeways compared to the major roads, due to the high volume of traffic and the higher share of the heavy vehicle accidents on freeways, the amount of time lost on this type of road is higher. By considering the share of accidents in each type of road, the weighted average of time loss for a rural accident is equal to 2.7 million Rials. Ayati [8] has calculated the total cost of a rural accident in 2007 equal to 987.2million Rials. Taking into account the inflation coefficient in the years 2007 to 2016, the cost of each rural accident in 2016 is estimated at 4.6 billion Rials. It can be concluded that the share of time loss in accidents is about 0.6% of the total cost of rural accidents.

5. CONCLUSION

In this paper, first, the degree of dependence of the total lost time with the time of elimination of the effects of the accident was determined. Also, in order to investigate the importance and magnitude of this time, by separating rural accidents in terms of the type of road and vehicle types involved in

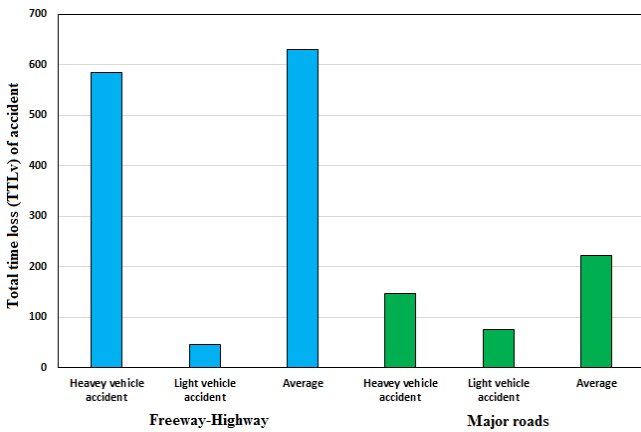


Fig. 1. Total time loss in various types of road accidents and the share of light and heavy vehicles accidents (fatal or injury accidents)

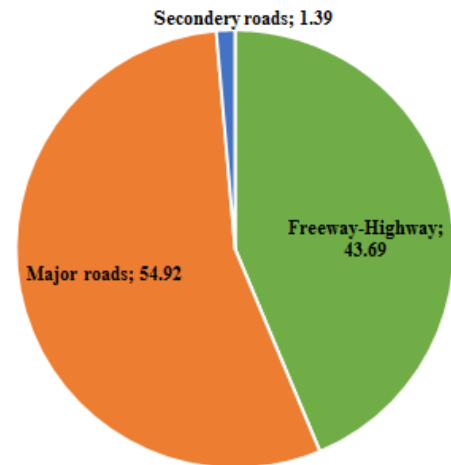


Fig. 2. Contribution of various roads from the cost of time loss in rural injury or fatal accidents

Table 1. Cost of time loss in injury or fatal rural accident

	Freeway-highway	Major roads	Secondary roads	Weighted average for rural road
Accident share (percent)	18.6	68.1	13.3	100
Time loss (person-hours)	2039.65	700.39	95.90	869.1
Cost (Rials)	64079648	22004153	2855805	27283465

the accident, it was found that heavy vehicle accidents on freeways create the most time loss for users arriving at the crash site. The shares of time loss in rural accidents for freeways, major roads and secondary roads are 43.69, 54.92 and 1.39 percent, respectively. The average TTL_p in each fatal or injury rural accident is 869 people-hours and its cost in 2016 is equal to 27.2 million Rials. Accurate calculation of this cost can be useful in analyzing economic returns and cost-benefit analysis of all safety projects, especially projects that reduce handling time of the accident. In future research, uncertainty along with some factors can be corrected. Considering the effect of traffic flow fluctuations in day hours and accident time (peak or non-peak) are some of these cases.

References

- [1] J. Kim, Estimating the social cost of congestion using the bottleneck model, *Economics of Transportation* 19 (2019) 100-119.
- [2] K.G. Bardal, F. Jørgensen, Valuing the risk and social costs of road traffic accidents – Seasonal variation and the significance of delay costs, *Transport Policy* 57 (2017) 10–19.
- [3] P. Koster, P. Rietveld, Optimizing incident management on the road, *Journal of Transport Economic and Policy* 45 (1) (2011) 63 - 81.
- [4] Khorasan Razavi Provincial Department of Road Maintenance and Transportation, Statistics Book of Khorasan Razavi Provincial Department of Road Maintenance and Transportation in 2016, Planning and Budget Office, 2017 (in Persian).
- [5] Road Maintenance and Transportation Organization, Counting data of traffic data, Iran Roads Management Center, 2020, <https://www.141.ir/trafficcounterfiles>, (in Persian).
- [6] Road Maintenance and Transportation Organization, National survey of the origin and destination of Iran's roads, 2016, Ministry of Road and Urban Development, Information and Communication Technology Office, 2016, (in Persian).
- [7] Central Bank of I.R. Iran, Inflation rate and consumer price index for goods and services, 2020, https://www.cbi.ir/Inflation/Inflation_fa.aspx.
- [8] E. Ayati, Traffic Accident Cost, Urban and Rural (Theory and Practice), Transportation research institute, Tehran, Iran, 2012 (in Persian).

HOW TO CITE THIS ARTICLE

A. A. Sadeghi, M. Jalili Qazizadeh, *Calculating the cost of time loss in traffic accidents by different types of roads and vehicles(Case Study: Khorasan Razavi rural roads)*, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 53(10) (2022) 939-942.

DOI: [10.22060/ceej.2020.18308.6827](https://doi.org/10.22060/ceej.2020.18308.6827)





محاسبه هزینه زمان از دست رفته در تاخیر ناشی از تصادفات ترافیکی به تفکیک نوع راه و نوع وسیله نقلیه (مطالعه موردی: راه‌های برون شهری استان خراسان رضوی)

علی اصغر صادقی^{۱*}، مرتضی جلیلی قاضی زاده^۲

۱- دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
۲- دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی قوچان، قوچان، ایران

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۳

بازنگری: ۱۳۹۹/۰۳/۲۹

پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷

ارائه آنلاین: ۱۳۹۹/۰۵/۳۱

کلمات کلیدی:

تصادف برون شهری

ایمنی ترافیک

هزینه تصادف

تأخیر

زمان تلف شده در تصادف.

خلاصه: در تحلیل هزینه-فایده و اولویت بندی راهکارهای بهبود ایمنی نیاز به تخمین هزینه های اجتماعی تصادفات می باشد. یکی از موارد هزینه تصادفات هزینه اوقات تلف شده کاربران در اثر تاخیر به وجود آمده ناشی از تصادف می باشد. در اغلب مطالعات از این عامل صرف نظر شده است یا صرفاً به صورت تخمینی مد نظر قرار گرفته و روش مدونی برای محاسبه آن در نظر گرفته نشده است. در این تحقیق یک روش تحلیلی برای محاسبه هزینه تاخیر ناشی از تصادف ارائه و عوامل تأثیرگذار بر آن ارائه شده است. یکی دیگر از اهداف این مقاله تحقیق و مقایسه هزینه تاخیر وارده به کاربران راه در انواع تصادفات به تفکیک نوع وسایل نقلیه و انواع راه‌ها از لحاظ عملکردی می باشد. در یک مطالعه موردی در انواع راه های برون شهری استان خراسان رضوی مشخص شد که تصادف وسایل نقلیه در بزرگراه ها و خصوصاً تصادفات وسایل نقلیه سنگین در آن‌ها بیشترین زمان تلف شده را برای کاربران رسیده به محل تصادف ایجاد می کند. میزان زمان تلف شده کل در هر تصادف فوتی یا جرحی در آزادراه- بزرگراه، راه اصلی و راه فرعی برابر ۲۰۳۹/۶۵، ۷۰۰/۳۹ و ۹۵/۹۰ نفر- ساعت محاسبه شده است. همچنین مشخص شد سهم زمان تلف شده از کل تصادفات برون شهری برای راه های آزادراه- بزرگراه، راه اصلی و راه فرعی به ترتیب برابر ۴۳/۶۹، ۵۴/۹۲ و ۱/۳۹ درصد می باشد. میزان زمان تلف شده در هر تصادف برون شهری از نوع جرحی یا فوتی به طور متوسط ۸۶۹ نفر- ساعت و هزینه آن در سال ۱۳۹۵ برابر با ۲۷/۳ میلیون ریال محاسبه شده است که حدود ۰/۶ درصد از کل هزینه تصادفات برون شهری می باشد. نتایج نشان می دهد اگر چه هزینه اوقات تلف شده در تصادفات راه های کم تردد قابل صرف نظر کردن است با این حال در راه های اصلی و بزرگراه مهم و قابل توجه می باشد.

۱- مقدمه

هزینه تصادفات جاده ای باعث به وجود آمدن دید مناسب تری در مورد اثر آن در اقتصاد و رفاه اجتماعی و ترغیب به سرمایه گذاری توسط نهادهای متولی راه می شود. همچنین تخمین هزینه های اجتماعی تصادفات در تحلیل هزینه-فایده پروژه ها و اولویت بندی راهکارهای بهبود ایمنی می تواند مورد استفاده قرار گیرد. تحلیل ها نشان می دهد که هزینه های اجتماعی تصادفات جاده ای در کشورهای با درآمد بالا ۰/۵ تا ۶ درصد تولید ناخالص داخلی و در کشورهای با درآمد متوسط ۱/۱ تا ۲/۹ درصد تولید ناخالص داخلی را از بین می برد [۲]. در ایران در تحقیق جامعی در مورد هزینه تصادفات این مقدار برابر ۷/۰۸ درصد محاسبه شده است [۳].

امروزه در سراسر دنیا تصادفات ترافیکی به عنوان عاملی مهم که بهداشت عمومی را به خطر انداخته است، شناخته می شود. طبق گزارشات سازمان بهداشت جهانی [۱] سالانه ۱/۳۵ میلیون مرگ ناشی از تصادف در جهان اتفاق می افتد و تصادفات جاده ای به عنوان هشتمین عامل مرگ و میر و اولین عامل مرگ و میر جوانان طبقه بندی شده است. از این رو تاکید سازمان‌های جهانی و ملی سلامت، تلاش در جهت کاهش تصادفات جاده ای می باشد که نیازمند سرمایه گذاری در این زمینه می باشد. شناخت و محاسبه

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: a.sadeghi@hsu.ac.ir



آمریکا انجام شده است و هیچ گونه تحلیل محاسباتی ارائه نشده است [۱۱ و ۳].

در این تحقیق هدف آن است که با معرفی یک روش تحلیل محاسباتی هزینه تاخیر ناشی از تصادف و عوامل تاثیرگذار بر آن بررسی و محاسبه شود. یکی دیگر از اهداف این مقاله تحقیق و مقایسه هزینه تاخیر وارده به کاربران راه در انواع تصادفات (به تفکیک تصادفات وسایل نقلیه سنگین و سبک) و انواع راهها (آزادراه- بزرگراه، راه اصلی و راه فرعی) می باشد. بدین منظور در ادامه با جمع آوری اطلاعات مربوطه یک مطالعه موردی انجام شده است.

در این تحقیق در بخش بعد روش محاسبه زمان تلف شده و هزینه تاخیر آورده شده است و در بخش سوم یک مطالعه موردی انجام و نتایج آن در ادامه مورد تحلیل قرار گرفته است. در بخش چهارم نیز جمع بندی و نتیجه گیری آورده شده است.

۲- روش

در این بخش روش محاسبه میزان زمان تلف شده کل در هر تصادف و نحوه ارزش گذاری آن معرفی و ارائه می شود.

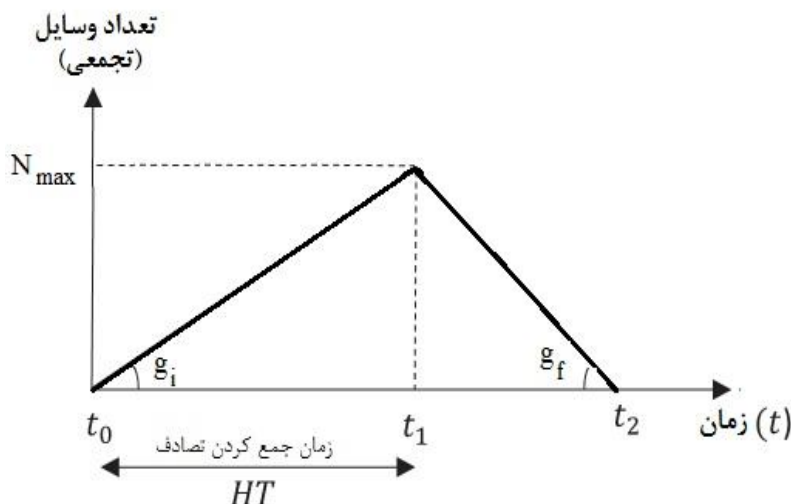
۲-۱- زمان کل تلف شده در تصادف

پس از وقوع تصادف انسداد و یا اختلالی در جریان ترافیک اتفاق می افتد. در این وضعیت تاخیری برای وسایل نقلیه ای که پس از وقوع تصادف به محل تصادف می رسند پیش می آید که میزان زمان تلف شده ناشی از آن تابعی از نرخ رشد صف و زمان جمع کردن تصادف می باشد. منظور از زمان جمع کردن تصادف زمانی است که وسایل و اثرات تصادف از خطوط حرکتی حذف شود که اینکار تابع سرعت رسیدن وسایل امدادی و مسئول به محل حادثه و زمان رسیدگی و حذف آن می باشد. برای محاسبه زمان تلف شده و حداکثر طول صف ایجاد شده از مدل تعریف شده توسط کوستر و ریت ولد [۱۲] استفاده می شود. برحسب این مدل اگر تصادف در زمان t_0 اتفاق بیافتد و زمان جمع کردن تصادف برابر HT باشد (شکل ۱) عملاً در زمان t_1 انسداد راه از بین رفته و صف وسایل نقلیه شروع به کاهش می کند و در زمان t_2 صف پایان می یابد. شکل (۱) تعداد وسایل نقلیه جمع شده در صف بر اثر وقوع تصادف بر حسب زمان را نشان می دهد. تعداد وسایل نقلیه در صف با نرخ g رشد می کند و

هزینه تصادفات جاده ای شامل چندین جزء از قبیل هزینه های پزشکی، هزینه تولید از دست رفته، هزینه آسیب به وسایل، هزینه های اداری و غیره می شود که شماری از آنها ملموس و تعدادی دیگر ناملموس می باشند [۵ و ۴]. یکی از موارد هزینه تصادفات هزینه اوقات تلف شده و از دست رفته می باشد. در بسیاری از مطالعات خصوصاً در کشورهای کم درآمد هزینه اوقات تلف شده در نظر گرفته نمی شود [۶]. با این حال این آیتم هزینه ای در شماری از مطالعات نیز مورد توجه قرار گرفته است. آدلر و همکارانش [۷] ذکر کرده اند که افزایش تراکم ترافیک در راه های شهری باعث افزایش توجه محققان به هزینه تاخیر ناشی از راهبندان در اثر تصادف شده است. رایمدوناک و همکاران [۸] در مطالعه ای در مورد تصادفات جاده ای نشان داده اند که این نوع از هزینه ها مهم می باشد. کیم در سال ۲۰۱۹ [۹] در تحقیقی در مورد هزینه های تراکم ترافیک و اثر آن بر زمان سفر، تصادفات را از عوامل اثرگذار بر تراکم ترافیک ذکر کرده است. همچنین باردال و جورجنسن [۱۰] در تحقیقی در نروژ در مورد اهمیت هزینه های تاخیر و تغییرات فصلی در تصادفات جاده ای نشان داده اند که هزینه تاخیر در راه مورد مطالعه شان برابر با ۱۰ درصد هزینه های اجتماعی تصادفات می باشد و نسبت این هزینه ها خصوصاً در فصل زمستان بیشتر است.

در ایران در تحقیقی که توسط آیتی [۳] در مورد هزینه تصادفات انجام شده است، هزینه اتلاف زمان و اوقات از دست رفته شامل سه عامل در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

- ارزش اقتصادی ساعات کار از دست رفته مصدومان و مجروحان که اوقات کاری مفید خود را به علت اقامت در بیمارستان و یا منزل از دست می دهند.
 - ارزش اقتصادی ساعات کار آن دسته از مصدومان و مجروحان که موقتاً دچار درجه ای از معلولیت می شوند.
 - ارزش اقتصادی اوقات تلف شده کسانی که مصدوم و مجروح نمی شوند و یا حتی در صحنه تصادف نیز حضور ندارند اما به علت تصادف بخشی از اوقات مفید و عمر آنها تلف می شود که از جمله آنها اوقات تلف شده در راهبندانهای ناشی از تصادف می باشد [۳].
- علی رغم در نظر گرفتن عامل هزینه ای تاخیر ناشی از راهبندان در مطالعه مذکور، محاسبات صرفاً به صورت تخمینی و بر اساس گزارشی از متوسط ساعات تاخیر وسایل نقلیه سنگین در راه های



شکل ۱. تعداد وسایل نقلیه تجمعی (صف) بر حسب زمان [۱۲]
Fig 1. Number of cumulative vehicles (queue) by time [12]

با زمان جمع کردن تصادف یک رابطه توان دوم برقرار است و بنابراین هر چه زمان رسیدن وسایل امدادی و مسئول رسیدگی و حذف گلوگاه ایجاد شده کاهش یابد زمان تلف شده کل با نسبت بزرگتری کاهش می یابد.

همچنین با تقسیم زمان تلف شده کل بر تعداد وسیله نقلیه کل، متوسط زمان تلف شده برای هر وسیله یا هر کاربر (MTL) نیز قابل محاسبه است:

$$MTL = \frac{TTL}{N_{max}} = \frac{1}{2} \times HT \times \left(1 + \frac{g_i}{g_f}\right) = \frac{1}{2} \times HT \times \left(\frac{C - C_a}{C - F}\right) \quad (5)$$

زمان کل تلف شده کاربران (سرنشینان وسایل نقلیه) نیز به صورت زیر قابل محاسبه می باشد:

$$TTL_p = TTL_v \times \frac{\sum_{i=1}^n n_i \times p_i}{\sum_{i=1}^n n_i} = TTL_v \times \bar{P} \quad (6)$$

که در آن \bar{P} متوسط تعداد سرنشینان وسایل نقلیه و n_i و p_i به ترتیب تعداد متوسط سرنشینان و تعداد از نوع وسیله نقلیه i ام می باشد.

قابل ذکر است خصوصیات هندسی مسیر به طور غیرمستقیم با تاثیر بر ظرفیت (C) و زمان جمع کردن تصادف (HT) بر میزان زمان تلف شده اثرگذار است. به عنوان مثال با افزایش تعداد دسترسی یا

پس از جمع شدن تصادف صف وسایل نقلیه با نرخ کاهش می یابد و ناپدید می شود که g_i و g_f به صورت زیر محاسبه می شود:

$$(1) g_i = F - C_a$$

$$(2) g_f = C - F$$

که در آن F میزان تردد (حجم جریان)، C ظرفیت راه در حالت عادی و C_a ظرفیت راه پس از وقوع تصادف می باشد. در این حالت حد اکثر تعداد وسایل نقلیه در صف برابر است با:

$$N_{max} = g_i \times HT \quad (3)$$

بر حسب نمودار مجموع زمان تلف شده وسایل نقلیه (TTL_v) اثر تصادف برابر با مساحت زیر نمودار خواهد بود که به صورت زیر محاسبه می شود [۱۲]:

$$TTL_v = \frac{1}{2} \times N_{max} \times HT + \frac{1}{2} \times N_{max} \times (t_2 - t_1) \quad (4)$$

$$= \frac{1}{2} \times g_i \times HT^2 + \frac{1}{2} \times g_i \times HT \times \frac{g_i \times HT}{g_f} = \frac{1}{2} \times g_i \times HT^2 \times \left(1 + \frac{g_i}{g_f}\right)$$

رابطه (۴) نشان می دهد که مجموع زمان تلف شده وسایل نقلیه

در تصادفات رخ داده نیز می توان اثر آن را در نظر گرفت [۱۷].

۳-۲- اثر نوع راه و نوع وسایل نقلیه درگیر در تصادف

از رابطه (۴) مشخص می شود که زمان از دست رفته کل با زمان جمع کردن حادثه و میزان بسته شدن خطوط راه (توان عبوردهی وسایل نقلیه) وابسته است. بنابراین اصولاً میزان زمان کل تلف شده به نوع راه و نوع وسایل نقلیه متصادم وابسته نیست. با این حال معمولاً در تصادفاتی که در راه های با اهمیت کمتر رخ می دهد زمان جمع کردن حادثه به علت دور بودن از خدمات اورژانس و پلیس بیشتر خواهد بود. در تصادفات شدیدتر نیز معمولاً به علت شدت حادثه نیاز به حضور و تمهیدات ویژه برای بازگشایی راه می باشد. باردال و جورجنسون [۱۰] گزارش داده اند که میزان زمان بازگشایی راه پس از تصادف، در تصادفاتی که وسایل سنگین در آن درگیر می باشند بیشتر از تصادفات وسایل نقلیه سبک می باشد. از سویی دیگر در تصادفاتی که کل راه مسدود می شود شیب افزایش تعداد وسایل نقلیه در صف (g) به شدت افزایش می یابد. رابطه (۱) نشان می دهد بیشتر بودن جریان و کوچک بودن ظرفیت باقی مانده پس از سانحه موجب افزایش g می شود. بنابراین در حالتی که کل راه مسدود می شود زمان تلف شده کل بیشتر خواهد بود.

۳- مطالعه موردی

در این بخش با استفاده از یک بررسی موردی میزان زمان تلف شده و متوسط هزینه آن در راه های استان خراسان رضوی به تفکیک نوع راه و نوع تصادف از لحاظ وسایل نقلیه درگیر در تصادف مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. لازم به ذکر است روش ارائه شده در بخش ۲ قابل استفاده در محاسبه هزینه اوقات تلف شده ناشی از تاخیر در کلیه تصادفات درون شهری و برون شهری می باشد. در این بخش جهت نشان دادن نحوه محاسبه و همچنین بررسی میزان اهمیت این عامل هزینه ای، دامنه تحقیق به انواع تصادفات برون شهری محدود شده است.

۳-۱- جمع آوری اطلاعات

در این تحقیق اطلاعات تصادفات و وضعیت راه های استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۵ مد نظر قرار گرفته است. این اطلاعات

افزایش شیب سربالایی ظرفیت کاهش می یابد که منجر به افزایش زمان رفع اثر صف ایجاد شده ($t_p - t_1$) و افزایش زمان تاخیر می گردد. همچنین عواملی هندسی مانند وجود شانه و یا خط ویژه امدادی می تواند باعث زودتر رسیدن وسایل امدادی شده و به این ترتیب زمان جمع کردن تصادف را کاهش دهد که نهایتاً باعث کاهش زمان تاخیر خواهد شد.

۲-۲- هزینه اتلاف زمان

زمان تلف شده و یا به عبارتی تاخیر به وجود آمده برای افراد مطلوب نیست و گاهی برای کالاهایی نظیر مواد فاسد شدنی نیز مهم می باشد. بنابراین زمان تلف شده می تواند به عنوان هزینه در نظر گرفته شود. مطالعات زیادی در زمینه ارزش زمان در مباحث حمل و نقلی انجام شده است. اکثر این مطالعات ارزش زمان سفر را به روش هایی نظیر تمایل به پرداخت یا روش ارزش اجتماعی زمان که معمولاً بر اساس درآمد سالیانه یا دیگر پارامترهای اقتصادی است، محاسبه کرده اند [۱۴ و ۱۳]. در ایران نیز در مطالعات جامع حمل و نقل شهرهای مختلف و در ارزیابی گزینه ها جهت برنامه ریزی آینده ارزش زمان سفر یکی از آیتم های برآورد اقتصادی بوده است [۱۵]. با ضرب متوسط ارزش هر ساعت زمان تلف شده کاربران در مجموع زمان تلف شده کاربران هزینه کل زمان تلف شده در اثر تصادف حساب می شود:

$$TC = \bar{C} \times TTL_p \quad (7)$$

در بسیاری از مطالعات حمل و نقلی نشان داده شده است که ارزش زمان به هدف سفر وابسته می باشد [۱۶]. لذا با در نظر گرفتن هزینه های متفاوت بر اساس هدف سفر رابطه به صورت زیر نوشته می شود:

$$TC = \left[\sum_{j=1}^m C_j \times R_j \right] \times TTL_p \quad (8)$$

که در آن R_j به ترتیب سهم سفر با هدف j از کل سفرها و C_j هزینه سفر از نوع j ام می باشد. در بعضی تحقیقات [۱۵] ارزش زمان در ساعات اوج نیز بالاتر از ساعات غیر اوج در نظر گرفته شده است که با تفکیک مقدار زمان های کل تلف شده در ساعات اوج و غیراوج

جدول ۱. مشخصات آزادراه و بزرگراه های استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۵

Table 1. Details of freeways and highways in Khorasan Razavi province in 2016

ردیف	نام محور	متوسط تردد روزانه (ADT) (veh/day)	طول	تعداد خط	متوسط ظرفیت هر خط (veh/h)	ظرفیت (veh/h)
۱	چناران- مشهد	۶۵۴۸۷	۴۲	۴	۱۷۳۶	۶۹۴۲
۲	مشهد- شاندیز	۵۵۵۴۷	۱۴	۴	۱۴۲۳	۵۶۹۰
۳	آزادراه ملک آباد- مشهد	۳۶۵۴۵	۴۰	۶	۱۸۵۴	۱۱۱۲۱
۴	گلبهار- چناران	۳۶۶۸۳	۱۳	۴	۱۷۴۷	۶۹۸۸
۵	سه راه باغچه- نیشابور	۲۱۱۵۴	۸۰	۴	۱۴۸۵	۵۹۳۸
۶	فاروج- قوچان	۲۰۴۱۷	۳۱	۴	۱۷۳۳	۶۹۳۲
۷	چناران- قوچان	۲۰۸۳۰	۷۶	۴	۱۶۹۸	۶۷۹۲
۸	ترت حیدریه- سه راه باغچه	۱۸۸۰۴	۱۱۰	۴	۱۶۸۰	۶۷۱۸
۹	سبزوار- نیشابور	۱۴۶۳۹	۱۱۰	۴	۱۶۴۴	۶۵۷۴
۱۰	داورزن- سبزوار	۱۴۱۱۶	۸۶	۴	۱۵۷۳	۶۲۹۲
۱۱	نیشابور- فیروزه	۱۲۰۰۱	۱۶	۴	۱۷۲۶	۶۹۰۴
۱۲	مشهد- کلات	۸۸۷۸	۱۹	۴	۱۶۸۱	۶۷۲۴
۱۳	مشهد- سرخس (میامی)	۹۲۱۴	۳۴	۴	۱۶۲۷	۶۵۰۸
۱۴	فیض آباد- سه راه مهنه	۸۲۱۸	۵	۴	۱۶۸۳	۶۷۳۲
۱۵	فیض آباد- بجستان	۵۱۲۵	۸۵	۴	۱۶۶۴	۶۶۵۴
۱۶	نیشابور- باغچه	۴۵۱۰	۲	۴	۱۶۶۴	۶۶۵۴
	میانگین	۲۲۰۱۱				۶۸۸۵

جدول ۳ وضعیت پراکندگی تصادفات فوتی و جرحی را برحسب نوع راه و نوع وسایل نقلیه درگیر در تصادف نشان می دهد. منظور از تصادفات وسایل نقلیه سنگین تصادفاتی است که حداقل یک وسیله نقلیه سنگین مانند اتوبوس و کامیون در آن حضور داشته باشد. جدول ۴ وضعیت انسداد راه و زمان جمع کردن تصادف را در تصادفات فوتی و جرحی استان خراسان رضوی نشان می دهد. وضعیت انسداد راه با بررسی ۲۰۷ گزارش تصادف که شرح دقیق تری از وضعیت تصادف داشته اند به دست آمده است. همچنین زمان بازگشایی راه بر اساس مصاحبه با کارشناسان ادارات راه و پلیس راهور که در صحنه تصادف حضور می یابند تخمین زده شده است.

۳-۲- زمان تلف شده کل

جدول ۵ و شکل ۲ زمان تلف شده کل در انواع تصادفات به تفکیک نوع راه و نوع تصادف را نشان می دهد. این مقادیر با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شده است. همچنین در این جدول و نمودار

از سایت تردد شماری سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای و آمارنامه حمل و نقل استان خراسان رضوی استخراج شده است [۱۹ و ۱۸]. با توجه به نبود اطلاعات کافی در مورد میزان تردد و تصادفات راه های فرعی و روستایی، تنها اطلاعات تصادفات در آزادراه ها و بزرگراه ها و راه های اصلی مدنظر قرار گرفته است. جدول ۱ و ۲ وضعیت تردد و ظرفیت راه های استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۵ را نشان می دهد. برای ثابت در نظر گرفته شدن میزان حجم تردد در زمان تصادفات و به دست آوردن حجم تردد ساعتی میزان حجم تردد روزانه در هجده ساعت در نظر گرفته شده است. همچنین با توجه به عدم گزارش شمار زیادی از تصادفات خسارتی این نوع از تصادفات در نظر گرفته نشده است و به اطلاعات تصادفات جرحی و فوتی که گزارش اطلاعات تصادف آن ها قابل اطمینان می باشد بسنده شده است.

در سال ۱۳۹۵ تعداد تصادفات جرحی و فوتی استان خراسان رضوی ۵۳۵۲ مورد بوده است که طی آن ۷۳۴ نفر کشته شده اند.

جدول ۲. مشخصات راه های اصلی استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۵
Table 2. Details of the major roads of Khorasan Razavi province in 2016

ردیف	نام محور	متوسط تردد روزانه (ADT) (veh/day)	طول	تعداد خط	متوسط ظرفیت هر خط (veh/h)	ظرفیت (veh/h)
۱	سنگ بست- فریمان	۱۷۳۶۸	۴۵	۲	۱۵۰۷	۳۰۱۴
۲	مشهد- فریمان	۱۵۹۷۶	۳۴	۲	۱۴۷۶	۲۹۵۱
۳	باخرز- تربت حیریه	۱۳۰۰۹	۱۱۴	۲	۱۵۴۰	۳۰۷۹
۴	فریمان- تربت جام	۱۱۹۸۲	۵۹	۲	۱۵۲۱	۳۰۴۱
۵	مشهد- سرخس (نیروگاه)	۱۱۴۵۱	۱۹	۲	۱۵۲۰	۳۰۳۹
۶	تربت حیدریه- سه راه شادمهر	۱۰۶۲۱	۲۹	۲	۱۵۱۹	۳۰۳۸
۷	تایباد- تربت جام	۹۱۸۸	۶۷	۲	۱۵۱۰	۳۰۱۹
۸	سبزوار- اسفراین	۷۷۴۰	۵۳	۲	۱۴۹۷	۲۹۹۳
۹	مشهد- باغچه (محور قدیم)	۶۰۵۹	۲۹	۲	۱۵۸۶	۳۱۷۱
۱۰	بردسکن- کاشمر	۷۱۴۰	۴۵	۲	۱۵۲۰	۳۰۳۹
۱۱	سبزوار- بردسکن	۶۷۳۸	۱۲۰	۲	۱۴۸۰	۲۹۵۹
۱۲	چناران مشهد (جاده قدیم)	۶۱۷۲	۶۰	۲	۱۵۶۷	۳۱۳۴
۱۳	تربت حیدریه- رشتخوار	۶۴۷۷	۱۸۷	۲	۱۳۱۸	۲۶۳۵
۱۴	تایباد- خواف	۶۲۴۱	۸۷	۲	۱۶۰۷	۳۲۱۴
۱۵	کاشمر- نیشابور	۶۳۶۰	۱۳۳	۲	۱۵۵۷	۳۱۱۴
۱۶	سه راهی مهنه- گناباد	۵۹۸۲	۷۵	۲	۱۴۵۳	۲۹۰۶
۱۷	بجستان- فردوس	۵۵۷۵	۲۱	۲	۱۴۰۳	۲۸۰۵
۱۸	سبزوار- سلطان آباد	۵۷۳۴	۳۷	۲	۱۵۰۵	۳۰۱۰
۱۹	کاشمر- سه راهی شادمهر	۵۵۹۱	۵۳	۲	۱۴۷۷	۲۹۵۳
۲۰	گناباد- قائن	۴۸۳۰	۳۶	۲	۱۴۳۶	۲۸۷۱
۲۱	خواف- قائن	۴۴۴۶	۶۸	۲	۱۴۲۱	۲۸۴۱
۲۲	رشتخوار- خواف	۴۲۸۸	۶۷	۲	۱۴۷۹	۲۹۵۸
۲۳	سبزوار- سه راهی چکنه	۳۳۳۴	۶۹	۲	۱۴۴۵	۲۸۹۰
۲۴	سدکارده- مشهد	۳۱۳۸	۲۴	۲	۱۵۴۶	۳۰۹۲
۲۵	باخرز- تایباد	۳۰۲۲	۵۲	۲	۱۵۷۴	۳۱۴۸
۲۶	قوچان- دو راهی امام قلی	۲۸۵۹	۳۵	۲	۱۲۶۹	۲۵۳۷
۲۷	درگز- قوچان	۲۵۷۵	۸۵	۲	۱۴۹۶	۲۹۹۲
۲۸	بجستان- گناباد	۲۴۵۵	۴۹	۲	۱۴۴۹	۲۸۹۷
۲۹	تایباد- پایانه مرزی دوغارون	۲۰۰۸	۲۰	۲	۱۳۷۹	۲۷۵۸
۳۰	بردسکن- بجستان	۱۹۱۸	۷۵	۲	۱۴۲۳	۲۸۴۵
۳۱	گناباد- فردوس	۱۶۷۱	۳۲	۲	۱۳۵۲	۲۷۰۴
۳۲	کلات- مشهد	۱۱۹۳	۱۲۶	۲	۱۳۰۸	۲۶۱۶
۳۳	باجگیران- امام قلی	۳۸۴	۴۰	۲	۱۵۱۳	۳۰۲۶
۳۴	سرخس (مرز)- مشهد	۳۹۸۱	۱۹۶	۲	۱۴۹۷	۲۹۹۴
۳۵	سبزوار- نیشابور	۲۳۱۷	۵۰	۲	۱۵۵۷	۳۱۱۴
	میانگین	۵۹۹۵				۲۹۵۴

جدول ۳. وضعیت پراکندگی تصادفات فوتی و جرحی را برحسب نوع راه و نوع وسایل نقلیه درگیر در تصادف

Table 3. Status of fatal and injury accidents by road type and type of vehicles involved in the accident

نوع راه	کل تصادفات		تصادفات وسایل سبک		تصادفات وسایل نقلیه سنگین	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
آزادراه - بزرگراه	۹۹۵	۱۸/۶	۴۷۴	۴۷/۷	۵۲۱	۵۲/۳
راه اصلی	۳۶۴۵	۶۸/۱	۲۹۲۷	۸۰/۳	۷۱۸	۱۹/۷
راه فرعی و روستایی	۷۱۲	۱۳/۳	۶۲۰	۸۷/۱	۹۲	۱۲/۹
مجموع	۵۳۵۲	۱۰۰	۴۰۲۱	۷۵/۱	۱۳۳۱	۲۴/۹

جدول ۴. نسبت وضعیت انسداد راه و زمان جمع کردن تصادف در تصادفات فوتی و جرحی استان خراسان رضوی

Table 4. Ratio of road blockage status and accident handling time in fatal and injury accidents in Khorasan Razavi province

نوع راه	نسبت وضعیت انسداد راه		زمان جمع شدن تصادف (HT)(دقیقه)	
	در تصادفات سبک (%)	در تصادفات وسایل نقلیه سنگین (%)	در تصادفات وسایل سبک	در تصادفات وسایل نقلیه سنگین
آزادراه -	۹۵	۹۰	۴۵	۱۵۰
بزرگراه	۵	۱۰	۴۵	۱۵۰
راه اصلی	۹۳	۹۰	۶۰	۱۷۵
انسداد کامل	۷	۱۰	۶۰	۱۷۵

وسایل نقلیه و متوسط تعداد سرنشین هر نوع وسیله را نشان می دهد. با توجه به سهم تردد و متوسط سرنشین انواع وسایل نقلیه، متوسط سرنشین هر وسیله برابر ۳/۱۳ نفر محاسبه می شود و با استفاده از رابطه (۶) زمان تلف شده کل افراد محاسبه (TTL_p) و در ستون آخر جدول ۵ آورده شده است.

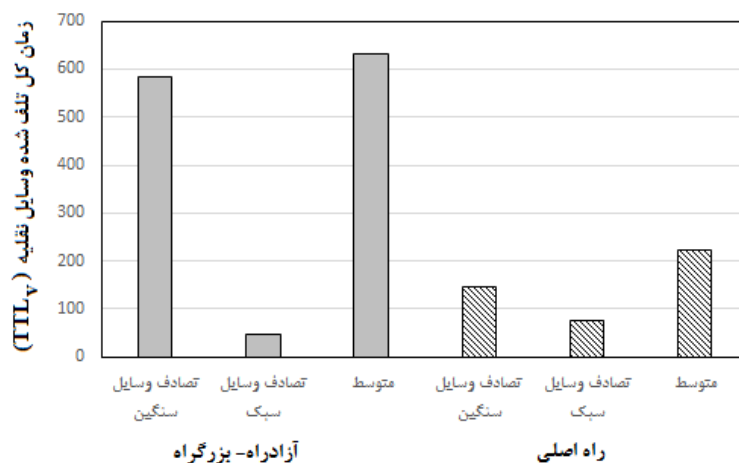
۳-۳- محاسبه هزینه تاخیر

روش های گوناگونی برای برآورد ارزش زمان سفر وجود دارد که هر یک از این روش ها از مبانی خاصی سرچشمه گرفته اند. به طور کلی روش های تخمین ارزش زمان سفر به دو دسته روش های مفهومی و سنجشی تقسیم بندی می شود [۱۳]. در روش های مفهومی با استفاده از مفهوم توابع مطلوبیت، تمایل و توانایی پرداخت افراد برای ایجاد تسهیلات جدید به دست می آید. در روش های سنجشی مقدار واحدی بر اساس پارامترهای اقتصادی مانند تولید ناخالص داخلی

با توجه به سهم هر نوع از تصادفات در این راه ها که در جدول ۳ آورده شده است، متوسط وزن دار زمان تلف شده کل وسایل نقلیه به تفکیک نوع راه آورده شده است. در جدول ۵ ستون های مربوط به حجم (F) و ظرفیت (C) از میانگین اطلاعات جداول ۱ و ۲ و ستون ظرفیت پس از تصادف (C_p) با توجه به وضعیت انسداد ناشی از تصادف به دست آمده است. به عنوان مثال در تصادفات بزرگراهی با وضعیت انسداد یک خط از چهار خط ظرفیت، عبوردهی پس از تصادف سه چهارم جریان و برابر ۹۱۷ وسیله در ساعت می باشد. ستون g_p و g_f با استفاده از روابط (۱) و (۲) و ستون مربوط به تعداد وسایل درگیر در صف (N_{max}) از رابطه (۳) و مقادیر HT در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین متوسط زمان تلف شده برای هر وسیله (MTL) با استفاده از رابطه ۵ و مجموع زمان تلف شده برای کل وسایل نقلیه (TTL_p) و مجموع زمان تلف شده برای کل افراد با استفاده از روابط ۴ و ۶ محاسبه شده اند. جدول ۶ سهم تردد انواع

جدول ۵. زمان تلف شده کل وسایل نقلیه در انواع تصادفات به تفکیک نوع راه و نوع تصادف (تصادف فوتی یا جرحی)
 Table 5. Total time loss of vehicles in different types of accidents by type of road and type involved vehicles

نوع تصادف	حجم تردد (F) (veh/h)	ظرفیت (C) (veh/h)	ظرفیت پس از تصادف (Ca) (veh/h)	تعداد وسایل درگیر در صف (N _{max})	متوسط زمان تلف شده برای هر وسیله (MTL) (ساعت)	مجموع زمان تلف شده برای کل وسایل نقلیه (TTL _v) (ساعت)	مجموع زمان تلف شده برای کل افراد (TTL _p) (ساعت)	نوع تصادف	
								تصادفات یک وسیله	تصادفات دو وسیله
آزادراه- بزرگراه	۱۲۲۳	۶۸۸۵	۹۱۷	۳۰۶	۵۶۶۲	۲۲۹	۲۸۴/۰۵	تصادفات یک وسیله	انسداد خط
	۱۲۲۳	۶۸۸۵	۶۱۱	۶۱۱	۵۶۶۲	۴۵۹	۵۹۷/۲۲	تصادفات دو وسیله	انسداد خط
	۱۲۲۳	۶۸۸۵	۹۱۷	۳۰۶	۵۶۶۲	۷۶۴	۳۱۵۶/۱۹	تصادفات یک وسیله	انسداد خط
	۱۲۲۳	۶۸۸۵	۶۱۱	۶۱۱	۵۶۶۲	۱۵۲۹	۶۶۳۵/۷۳	تصادفات دو وسیله	انسداد خط
	متوسط وزن دار						۲۰۳۹/۶۵		
	۳۳۳	۲۹۵۴	۱۶۷	۱۶۷	۲۶۲۱	۱۶۷	۲۷۷/۵۷	تصادفات یک وسیله	انسداد خط
راه اصلی	۳۳۳	۲۹۵۴	۰	۳۳۳	۲۶۲۱	۳۳۳	۵۸۸/۳۱	تصادفات سبک کامل	انسداد خط
	۳۳۳	۲۹۵۴	۱۶۷	۱۶۷	۲۶۲۱	۴۵۸	۲۰۹۹/۱۵	تصادفات یک وسیله	انسداد خط
	۳۳۳	۲۹۵۴	۰	۳۳۳	۲۶۲۱	۹۱۶	۴۴۴۹/۱۱	تصادفات سنگین کامل	انسداد خط
	متوسط وزن دار						۷۰۰/۳۹		



شکل ۲. زمان تلف شده کل در انواع تصادفات در راه‌ها و سهم تصادفات وسایل سبک و سنگین (تصادفات فوتی یا جرحی)
 Fig. 2. Total time loss in various types of road accidents and the share of light and heavy vehicles accidents (fatal or injury accidents)

جدول ۶. سهم تردد انواع وسایل نقلیه در استان خراسان رضوی و متوسط تعداد سرنشین هر نوع وسیله [۲۲]

Table 6. Traffic ratio of different types of vehicles in Khorasan Razavi province and the average number of vehicles [occupants] [22]

نوع وسیله نقلیه	سواری	تاکسی	وانت بار	مینی بوس	اتوبوس	کامیون و کامیونت	موتور	سایر
سهم تردد (درصد)	۶۴/۸	۲/۳	۱۰/۶	۱/۹	۲/۱	۱۴/۱	۳/۴	۰/۷
متوسط سرنشین	۲/۶	۳/۵	۱/۵	۱۳	۲۷	۲	۱/۳	۱

جدول ۷. سهم اهداف سفر مسافران در سطح کشور [۲۲]

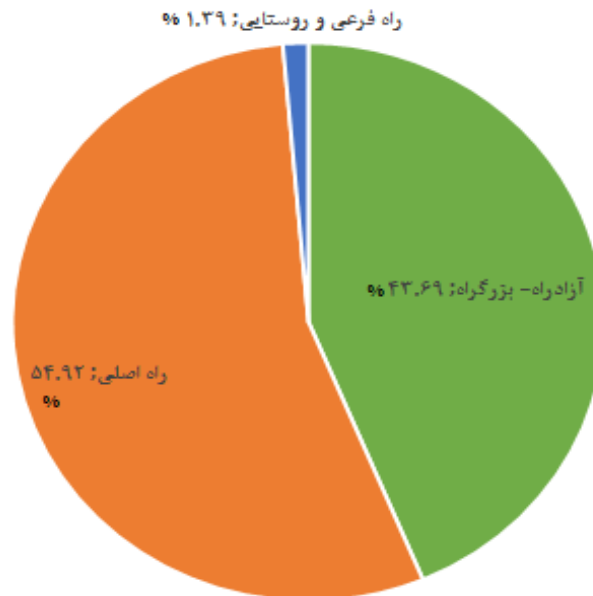
Table 7. Proportion of trips by purpose of travel in Iran [22]

هدف سفر	تحصیلی	کاری (ماموریت)	کاری (روزانه)	خرید و امور شخصی	زیارتی - تفریحی	دیدار آشنایان
سهم (درصد)	۶	۸	۳۰	۱۲	۲۲	۲۲

جدول ۸. هزینه زمان تلف شده در هر تصادف جرحی یا فوتی برون شهری

Table 8. Cost of time loss in injury or fatal rural accident

آزادراه - بزرگراه	راه اصلی	راه فرعی و روستایی	متوسط وزنی راه برون شهری
۱۸/۶۰	۶۸/۱۰	۱۳/۳۰	۱۰۰
۲۰۳۹/۶۵	۷۰۰/۳۹	۹۵/۹۰	۸۶۹/۱۰
۶۴۰۷۹۶۴۸	۲۲۰۰۴۱۵۳	۲۸۵۵۸۰۵	۲۷۲۸۳۴۶۵
درصد تصادفات	زمان از دست رفته (نفر-ساعت)	هزینه (ریال)	



شکل ۳. سهم انواع راه‌ها از هزینه زمان تلف شده در تصادفات جرحی یا فوتی برون شهری

Fig. 3. Contribution of various roads from the cost of time loss in rural injury or fatal accidents

رفع گلوگاه تصادف اثر بزرگتری بر کاهش زمان تلف شده در تصادف خواهد داشت.

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد با وجود کوچکتر بودن زمان جمع کردن حادثه در آزادراه- بزرگراه‌ها به نسبت راه‌های اصلی، به علت سهم بالاتر حجم کل ترافیک و تعداد تصادفات وسایل نقلیه سنگین در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها از کل تصادفات، میزان زمان تلف شده در این نوع راه‌ها بیشتر می‌باشد. جهت روشن تر شدن این مسئله می‌توان سهم زمان تلف شده در تصادفات هر نوع از راه‌ها را محاسبه و مقایسه کرد. اگر چه اطلاعات کافی از راه‌های فرعی و روستایی برای محاسبه میزان زمان کل تلف شده در دسترس نویسندگان قرار نداشت با این حال اگر فرض منطقی ۸۰۰ وسیله در روز برای حجم تردد، ظرفیت برابر با ۲۶۰۰ وسیله در ساعت و شرایط جمع کردن حادثه مانند راه‌های اصلی در نظر گرفته شود در این صورت زمان تلف شده کل وسایل نقلیه در تصادفات فوتی و جرحی راه‌های فرعی برابر با ۳۰/۶۴ ساعت و زمان تلف شده کل کاربران برابر ۹۵/۹۰ نفر-ساعت محاسبه می‌شود. حال با در نظر گرفتن سهم تصادفات هر نوع راه می‌توان سهم تصادفات در هر نوع از راه‌ها و متوسط زمان تلف شده کل کاربران را برای یک تصادف برون شهری محاسبه کرد. این نتایج در جدول ۸ نشان داده شده است. حسب نتایج این جدول متوسط هزینه زمان تلف شده هر تصادف برون شهری برابر ۲۷۲۸۳۴۶۵ ریال در سال ۱۳۹۵ می‌باشد. شکل ۳ نیز سهم انواع راه‌ها در هزینه اوقات تلف شده در تصادفات جرحی یا فوتی برون شهری را نشان می‌دهد. سهم هزینه اوقات تلف شده در تصادفات راه‌های اصلی بیشترین مقدار می‌باشد.

جهت مقایسه بزرگی هزینه زمان تلف شده در تصادف نسبت به بقیه هزینه‌های تصادف از نتایج تحقیقی که توسط آیتی [۳] انجام شده است استفاده می‌شود. آیتی [۳] هزینه کل یک تصادف برون شهری در سال ۱۳۸۶ را برابر ۹۸۷۱۸۶۱۷۴ ریال محاسبه کرده است با در نظر گرفتن ضریب تورم [۲۳] در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵ هزینه هر تصادف برون شهری در سال ۱۳۹۵ برابر ۴۶۴۳۳۰۵۰۷۴ ریال برآورد می‌شود که می‌توان نتیجه گرفت که سهم زمان از دست رفته در تصادفات حدود ۰/۶ درصد از کل هزینه تصادفات برون شهری می‌باشد.

همانطور که در بخش مقدمه ذکر شده است در تحلیل هزینه-

و درآمد سرانه برای کل جامعه تخمین زده می‌شود. آنچه در این روش‌ها تعیین می‌شود ارزش اجتماعی زمان است. در این تحقیق از آنجا که هدف برآوردی از هزینه کل اوقات تلف شده است از روش دوم استفاده می‌شود.

طبق آمار ارائه شده توسط مرکز آمار ایران [۲۰] متوسط سالیانه درآمد خانوار شهری و روستایی در ایران در سال ۱۳۹۵ به ترتیب برابر ۳۱۷۲۱۰ و ۱۷۶۸۸۸ هزار ریال و ۷۴ درصد جمعیت خانوار شهری می‌باشند که متوسط درآمد یک خانوار برابر ۲۸۰۷۲۰ هزار ریال محاسبه می‌شود. همچنین مرکز آمار ایران [۲۱] بعد خانوار را در ایران برابر ۳/۳ نفر ذکر کرده است. بنابراین متوسط درآمد هر فرد برابر ۸۵۰۶۶۸۳۶ ریال می‌باشد که با فرض ۱۷۶ ساعت کاری در ماه، متوسط درآمد سرانه در هر ساعت ۴۰۲۷۸ ریال می‌باشد.

جدول ۷ سهم اهداف سفر مسافران در سطح کشور را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود هدف از سفر ۴۴ درصد سفرها کاری (کاری و تحصیلی) و ۱۲ درصد امور شخصی است که طبق آشتو [۱۶] ارزش آن‌ها در زمان‌های صرفه جویی بیشتر از ۱۵ دقیقه تقریباً معادل سفرهای کاری است. لذا بر حسب رابطه (۷) و (۸) با فرض آنکه ۵۶ درصد سفرها ارزش کاری داشته باشند و ارزش ساعات غیرکاری ۵۰ درصد ارزش ساعات کاری باشد ارزش هر ساعت زمان تلف شده ۳۱۴۱۷ ریال محاسبه می‌شود که به تفکیک نوع راه ارزش زمان تلف شده هر تصادف در راه‌های اصلی و بزرگراه به ترتیب ۲/۲ و ۶/۴ میلیون ریال به دست می‌آید.

$$\text{ریال } ۳۱۴۱۷ = (۰/۵۶ + ۰/۵ \times ۰/۴۴) \times (۳/۳ \times ۱۲ \times ۱۷۶) \\ \bar{C} = (۳۱۷۲۱۰۰۰ \times ۰/۷۴ + ۸۸۸۱۷۶۰۰۰ \times ۰/۲۶)$$

$$TC = \bar{C} \times TTL_p = ۳۱۴۱۱۷ \times ۲۰۳۹/۶۵ = ۶/۴ \text{ میلیون ریال بزرگراه}$$

$$TC = \bar{C} \times TTL_p = ۳۱۴۱۱۷ \times ۷۰۰/۳۹ = ۲/۲ \text{ میلیون ریال راه اصلی}$$

۳-۴- تحلیل و بحث

رابطه (۴) نشان می‌دهد یک رابطه توان دوم بین زمان تلف شده کل و زمان جمع کردن تصادف وجود دارد. به عبارتی وقتی زمان جمع کردن تصادف به مقدار i کاهش یابد زمان تلف شده کل به میزان $i/۲$ کاهش خواهد یافت. بنابراین کاهش کوچکی در زمان رسیدگی و

شهری از نوع جرحی یا فوتی ۸۶۹ نفر- ساعت و هزینه آن در سال ۱۳۹۵ برابر با ۲۷۲۸۳۴۶۵ ریال محاسبه شده است. محاسبه دقیق این هزینه در تحلیل بازگشت اقتصادی و تحلیل سود- هزینه کلیه پروژه های ایمن سازی و خصوصاً پروژه هایی که در کاهش زمان رسیدگی به تصادفات نقش دارند، می تواند مفید باشد.

تاکید این تحقیق بر تدوین روش محاسبه هزینه اوقات تلف شده در تصادفات و بررسی اهمیت این عامل هزینه ای در انواع تصادفات راه های برون شهری بوده است و به عنوان مطالعه موردی هزینه اوقات هدر رفته در تصادفات برون شهری راه های استان خراسان رضوی محاسبه شده است. در تحقیقات آینده میزان زمان و هزینه اوقات تلف شده راه های درون شهری نیز می تواند مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به مسافت کوتاه تر وسایل امدادی و مسئول از صحنه تصادف در درون شهرها نسبت به راه های برون شهری و در مقابل بیشتر بودن حجم تردد، به نظر می رسد هزینه اوقات تلف شده تصادفات درون شهری تفاوت قابل توجهی با تصادفات برون شهری نداشته باشد. همچنین در تحقیقات آینده عدم اطمینان شماری از عوامل در این تحقیق می تواند مورد تصحیح قرار گیرد. از جمله این موارد محاسبه دقیق هزینه در راه های فرعی و روستایی و وارد کردن اثر نوسانات جریان ترافیک در ساعات روز و زمان تصادف (اوج یا غیر اوج) می باشد.

مراجع

- [1] WHO, Global status report on road safety 2018, Geneva: World Health Organization, 2018.
- [2] W. Wijnen, H. Stipdonk, Social costs of road crashes: An international analysis, Accident Analysis and Prevention, 94 (2016) 97- 106.
- [3] E. Ayati, Traffic Accident Cost, Urban and Rural (Theory and Practice), Transportation research institute, Tehran, Iran, 2012 (in Persian).
- [4] R. Elvik, T. Vaa, A. Erke, M. Sorensen, The Handbook of Road Safety Measures. Emerald Group Publishing, 2009.
- [5] T. Harmon, G. Bahar, F. Gross, Crash Costs for Highway Safety Analysis. USDOT. FHWA Office, Washington, DC. 2018
- [6] SWOV, Fact Sheet - Road Crash Costs. Institute for road safety research, Leidschendam, the Netherlands, 2014.

فایده پروژه ها و اولویت بندی راهکارهای بهبود ایمنی نیاز به تخمین هزینه تصادفات و زمان تلف شده در اثر تاخیر یکی از هزینه های وارده می باشد. به عنوان مثال در یک پروژه نصب روشنایی برای یک راه برون شهری که موجب کاهش تعداد تصادفات می شود اگر فاکتور تعدیل تصادف (CMF¹) تعداد تصادفات فوتی و جرحی برابر ۰/۹ باشد یعنی این نوع از تصادفات ۱۰ درصد کاهش یابد و تخمین تعداد تصادفات در هر سال ۱۰ مورد باشد به معنای آن است که سالیانه ۱ مورد تصادف فوتی و جرحی با اجرای این پروژه کاهش می یابد که با توجه به نتایج این تحقیق معادل ۲۷/۳ میلیون ریال (ریال سال ۱۳۹۵) تنها در اثر صرفه جویی زمان تلف شده افراد، بازگشت سرمایه خواهیم داشت. همچنین در پروژه ها یا سرمایه گذاری هایی که موجب کاهش زمان رسیدگی به تصادف می شود محاسبه مالی اثرات می تواند به توجیه آن کمک کند. به عنوان مثال در یک راه اصلی برون شهری اگر با احداث یک پایگاه اورژانس جاده ای زمان جمع شدن تصادف (HT) به نصف کاهش یابد (مثلاً در جدول ۴ از ۶۰ و ۱۷۵ دقیقه به ۳۰ و ۸۷/۵ دقیقه) کاهش یابد زمان تلف شده افراد در هر تصادف از ۷۰۰/۳۹ ساعت (معادل ۲۲ میلیون ریال) به ۱۷۵/۱ ساعت (معادل ۵/۵ میلیون ریال) کاهش خواهد یافت که نشان دهنده ۱۶/۵ میلیون ریال صرفه جویی ارزش زمان افراد در هر تصادف خواهد بود.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله ابتدا میزان وابستگی زمان تلف شده کل با زمان رفع اثرات تصادف، میزان تردد و ظرفیت کل باقی مانده بعد از تصادف مشخص گردید. در این تحقیق تمرکز اصلی بر ارائه یک روش محاسباتی در تخمین هزینه زمان تلف شده در تصادفات بوده است. همچنین در این تحقیق جهت بررسی میزان اهمیت و بزرگی این عامل هزینه ای با تفکیک تصادفات برون شهری از نظر نوع راه و نوع تصادفات از لحاظ وسایل نقلیه درگیر در تصادف، مشخص شد که تصادف وسایل نقلیه در آزادراه- بزرگراه بیشترین زمان تلف شده را برای کاربران رسیده به محل تصادف ایجاد می کند. سهم زمان تلف شده از کل تصادفات برون شهری برای راه های آزادراه- بزرگراه، راه اصلی و راه فرعی به ترتیب برابر ۴۳/۶۹، ۵۴/۹۲ و ۱/۳۹ درصد می باشد. به طور متوسط میزان زمان تلف شده در هر تصادف برون

1 Crash modification factor

- Highway and Bus-Transit Improvement, American Association of Highway and Transportation Officials. Washington D.C. 1978.
- [17] V. Ostli, A.H. Halse, M. Killi, Value of Time, Safety and Environment in Passenger Transport - Adjusted to NTM6 TOI report 1389/2015. Institute of Transport Economics, Norwegian Centre for Transport Research, Oslo, Norway, 2015.
- [18] Khorasan Razavi Provincial Department of Road Maintenance and Transportation, Statistics Book of Khorasan Razavi Provincial Department of Road Maintenance and Transportation in 2016, Planning and Budget Office, 2017 (in Persian).
- [19] Road Maintenance and Transportation Organization, Counting data of traffic data, Iran Roads Management Center, 2020, <https://www.141.ir/trafficcounterfiles>, (in Persian).
- [20] Statistical Center of Iran, Urban and rural household income and expenditure, 2020, www.amar.org.ir, (in Persian).
- [21] Statistical Center of Iran, The average Number of persons in a household (household size), 2020, www.amar.org.ir, (in Persian).
- [22] Road Maintenance and Transportation Organization, National survey of the origin and destination of Iran's roads, 2016, Ministry of Road and Urban Development, Information and Communication Technology Office, 2016, (in Persian).
- [23] Central Bank of I.R. Iran, Inflation rate and consumer price index for goods and services, 2020, https://www.cbi.ir/Inflation/Inflation_fa.aspx
- [7] M. W. Adler, J. Van Ommeren, P. Rietveld, Road congestion and incident duration, *Economics of Transportation* 2 (2013) 109 – 118.
- [8] K.V. Raemdonck, C. Macharis, F.V. Malderen, The cost of congestion due to road accidents: Peanuts compared to the value of life? Paper presented at the 12th WCTR, Lisbon, Portugal, July, 2010.
- [9] J. Kim, Estimating the social cost of congestion using the bottleneck model, *Economics of Transportation* 19 (2019) 100-119.
- [10] K.G. Bardal, F. Jørgensen, Valuing the risk and social costs of road traffic accidents - Seasonal variation and the significance of delay costs, *Transport Policy* 57 (2017) 10–19.
- [11] L. Blinco, A. Seay, E. Zaloshnja, T. Miller, E. Romano, S. Luchter, R. Spicer, The Economic impact of Motor-Vehicle Crashes, US Dep. Of Transportation, National highway Traffic Safety Administration, 2000.
- [12] P. Koster, P. Rietveld, Optimizing incident management on the road, *Journal of Transport Economic and Policy* 45 (1) (2011) 63 - 81.
- [13] J.D.D. Ortuzar, L.G. Willumsen, *Modeling Transport*, John Wiley & Sons, Ltd, 3rd Edition, 2001.
- [14] K.M. Gwilliam, The Value of Time In Economic Evaluation of Transport Projects: Lessons from Recent Research, The World Bank: Transport No. OT-5. 1997, <http://www4.worldbank.org/afr/ssatp/Open.aspx?id=658>
- [15] Seventh Design Consulting Engineers, Updating comprehensive transportation studies in Mashhad, financial and economic evaluation of selected projects and solutions, Report No. 300-71-03, 2013 (in Persian).
- [16] AASHTO, A Manual on User Benefit Analysis of

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

Sadeghi A. A., Jalili Qazizadeh M., *Calculating the cost of time loss in traffic accidents by different types of roads and vehicles (Case Study: Khorasan Razavi rural roads)*, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 53(10) (2022) 4279-4290.
DOI: [10.22060/ceej.2020.18308.6827](https://doi.org/10.22060/ceej.2020.18308.6827)

