



Identification and Prioritization of Accident-prone Segments Based on Wavelet Theory and Cause-oriented Method

H. Shirmohammadi^{1*}, F. Hadadi², S. Samadi¹

¹ Faculty of Civil Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.

² Faculty of Civil Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

ABSTRACT: Accident-prone segments have a significant role in the occurrence and the number of road accidents. They impose negatively social and environmental effects on the performance of the transport system. Thus, identification and prioritization of these segments play positively a role in reducing accidents, costs, and improvement of safety level on roads. Due to the importance of determining the accident-prone segments, the aim of this study is to use dynamic segmentation and prioritization methods including wavelet theory and cause-oriented methods. Therefore, results from the segmentation and wavelet signal theory on the Kermanshah-West Islamabad Road indicated that accident-prone segments are classified as main and local segments. Then, the cause-oriented prioritization method based on the analytical hierarchy process method for main and local segments showed that the S2 section, which ranges from about 2.5 km to 11.5 km from the beginning of the road is in the higher priority. However, the S3 section which ranges from about 7.5 km to 10.5 km from the beginning of the road is the lower priority of the improvement of road safety. In the future, this paper may help researchers in order to examine a combination of arithmetic functions with artificial intelligence methods, logical reason methods, and SVM (Support Vector Machines) algorithm for segmentation accident-prone segments as dynamic segmentation methods.

Review History:

Received: 8/8/2018

Revised: 10/15/2018

Accepted: 10/15/2018

Available Online: 10/21/2018

Keywords:

Accident-prone segments

Road accidents

Dynamic segmentation

Wavelet theory

Cause-oriented prioritization

1. INTRODUCTION

An accident is defined as an incidence between a vehicle and other vehicles or animals, humans or collision of vehicles that cause casualties [1]. Accidents have negatively imposed social, and environmental effects on the transport system. They are relatively jointed to other factors such as road, human, and environmental factors [2-4]. There are locations that accidents frequently occur which are called accident-prone segments [5, 6]. Identification and segmentation of hazardous locations are used to prevent and reduce their consequences. Therefore, for reducing accident numbers, and increasing safety levels on roads, many methods have been used to identify the locations of accidents occurrence. Therefore, the aim of this study is to propose a new segmentation method based on the dynamic segmentation method as wavelet signal theory on the Kermanshah-Eslamabade Gharb road and prioritize accident-prone segments by using cause-oriented method for helping experts to allocate budgets in order to improve safety level on road.

2. RESEARCH BACKGROUND

Studies have shown that accident-prone locations are fixed and annually they become changed after road making operations, road geometric modification and changing traffic load and these locations are changed [7]. Alian et al.

*Corresponding author's email: h.shirmohammadi@urmia.ac.ir

[8] examined that the road accident casualties in arterial highways. They used a static segmentation method and measured the length of the road between 500 m and 7 km according to the geometric properties. They found black spots. Troche [9] segmented intersection near highways in Puerto Rico into 0.2 miles per section to identify hazardous locations. In another study, Luis et al. [10] used the technique of visual Analytics to combine data analysis with interactive visualizations for identifying the displacement of black spots on sliding windows of 12 months. Promothés and Ksaibati [11] proposed an optimization model for identifying the best combination of safety improvement projects and maximizing the safety benefits in terms of reducing overall crash frequency. Their model was as a function of annual safety budget, roadway inventory, roadway functional classification, historical crashes, safety improvement countermeasures, cost, and crash reduction factors (CRFs) associated with safety improvement countermeasures, and average daily traffics (ADTs). In addition, Liu et al. [12] proposed the methodology of integrating a moving average (MA) model with a stationary wavelet decomposition for automatic incident detection. They yielded the incidents were identified locations more accurately.

3. RESEARCH METHODOLOGY

In order to implement this research, the first dynamic



Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit <https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>.

segmentation methods and wavelet theory were examined. Then, the cause-oriented method was proposed to prioritize critical accident-prone segments and help experts for an appropriate budget in their improvement that is explained as follows:

3.1. Dynamic segmentation

There are two ways to segment accident-prone segmentations. These are classified as static and dynamic segmentation. In the static segmentation method, identification and segmentation of accident-prone segments are not determined accurately because data may not be available and are scattered. However, in the dynamic segmentation method, identification and segmentation of these segments are complete and accurate. Agarwal et al. [13] introduced the methodology for ranking road safety hazardous locations using the analytical hierarchy process (AHP). They calculated the eigenvalues of the Relative Weight Matrix (RWM) and determined the relative weights. Behzadi and Rouhi [14] proposed a new method based on accident frequent data, accident density, and accident ratio and effective factors contribution to accident occurrence and the AHP model. Shirmohammadi et al. [15] focused on investigating hazardous locations and segments by using dynamic segmentation method as wavelet theory and multi-criteria decision making. They found lower and higher safe segments for road improvement.

3.2. Converting accident data to signal processing data

Signals processing by means of wavelet theory is implemented to determine frequencies and occurrence time, the elimination of disturbances in data, and converting energy process to density. Different theories have been used. But, the most popular one is wavelet theory to process signals [16].

3.3. Cause-oriented model

In this method, accident-prone segments are prioritized in terms of effective factors and causes in the occurrence of accidents. This model basically prioritizes segments in seven steps which are defined as follow:

- 1- Investigating road and collecting data
- 2-Segmenting the studied area
- 3- Classifying accident data
- 4- Weighting criteria
- 5- Making a decision matrix
- 6- Making probable matrix
- 7- Prioritizing matrix

4. RESULTS AND DISCUSSION

After collecting data on the Kermanshah-Eslamabade Gharb road, dynamic segmentation method was simulated by Matlab and accident-prone segments were obtained and classified based on accident density index as main and local segments as shown in Figure 1. The results of this segmentation are presented in the following as:

$$S_7 < S_8 < S_0 < S_1 < S_4 < S_4 < S_1 < S_2 < S_9 < S_6 < S_5 < S_2 < S_3$$

Hence, according to the cause-oriented method, these segments were prioritized by means of the cause of accidents

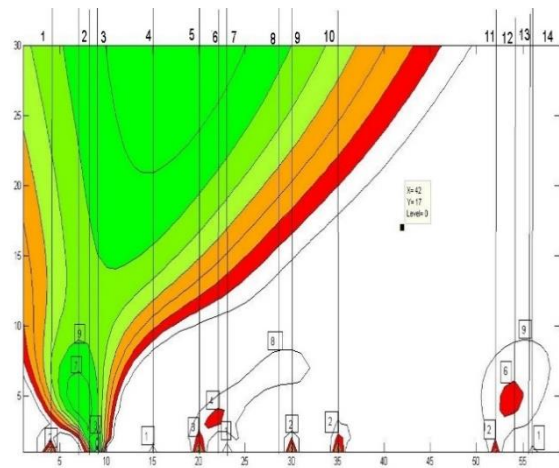


Fig. 1. Dynamic segmentation on ermanshah-Eslamabade Gharb road

and results were indicated in the following as:

$$S_2 > S_1 > S_6 > S_4 > S_5 > S_7 > S_{11} > S_{12} > S_3$$

5. CONCLUSIONS

The main conclusions are presented as follows:

- A dynamic segmentation method is an important tool in the segmentation of accident-prone segments.
- In the dynamic segmentation method, wavelet theory is used.
- In the prioritizing process, the cause-oriented method considers the causes of accidents and arranges accident-prone segments in ascending and descending order.
- Dynamic segmentation method was implanted as a case study on the Kermanshah-Eslamabade Gharb road, results indicated that the S2 section, which ranges from about 2.5 km to 11.5 km from the beginning of the road is in the higher priority. However, the S3 section which ranges from about 7.5 km to 10.5 km from the beginning of the road was the lower priority of the improvement of road safety.
- By comparison of this study with other studies, we can understand that accident-prone segments are identified accurately. And subsequently, engineers can improve safety levels on roads based on budgets by accurate segments.
- This paper may be used as a case study in internal city roads and it may help researchers in order to examine the combination of arithmetic's functions with artificial intelligence methods, logical reason methods, and SVM (Support Vector Machines) algorithm for segmentation accident-prone segments as dynamic segmentation methods.

REFERENCES

- [1] Alian, S., Baker, RGV, Wood, S., 2016. "Rural casualty crashes on the Kings Highway: A new approach for road safety studies", *Accident Analysis and Prevention*, 95, pp. 8–19.
- [2] Shankar, V., Mannering, F., Barfield, W., 1995. "Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies", *Accident Analysis & Prevention*, 27, pp. 371–389,
- [3] Wang, C., Quddus, M.A., Ison, S.G., 2013. "The effect of traffic

- and road characteristics on road safety: a review and future research direction”, *Safety Science*, 57 (0), pp. 264–275.
- [4] Elvik, R., Christensen, P., Amundsen, A., 2004. “Speed and road accidents: an evaluation of the power model”, TØI report, 740.
- [5] Chattington, M., Wilson, M., Ashford, D., Marple-Horvat, D., 2007. “Eye-steering coordination in natural driving”, *Experimental brain research*, 180 (1), pp. 1–14.
- [6] Kandil, F.I., Rotter, A., Lappe, M., ‘Driving is smoother and more stable when using the tangent point”, *Journal of Vision*, 9 (1), pp. 11–11.
- [7] Firouzfard, A., Saghandli, Gh., Alavi, N., 2009. “Study of Accident prone locations on Zanjan Province Roads”, the 1thNational Conference of Accidents and Road and Railway, Zanjan University, (2009). https://www.civilica.com/Paper-NCRRAF01-NCRRAF01_114.html (in Persian).
- [8] Zakerzadeh, M., Rezaei, Y., 2015. “Study of intercity occurred Accidents of Hamedan City and determining of Accident Prone Intersection by Using of AHP and GIS”, International Conference on Human, Architecture, Civil Engineering and City, Tabriz, Center for Strategic Studies in Architecture and Urban Planning, 2(5), pp. 65-79 (in Persian).
- [9] Troche, L.R., 2007. “Methodology to Identify Hazardous Locations for Highways in Puerto Rico”, Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, ProQuest.
- [10] Luis, R., Luis, S. M., Yasmina, S., Oão, M. P., 2015. “Detection of Road Accident Accumulation Zones with a Visual Analytics Approach”, *Conference on Enterprise Information Systems*, 64, pp. 969-976.
- [11] Promothos, S., Ksaibati, K., 2016. “An Optimization Model for Improving Highway Safety”, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 3(6), pp. 549-558.
- [12] Liu, Q., Chung, E., Zhai, L., 2014. “Fusing Moving Average Model and Stationary Wavelet Decomposition for Automatic Incident Detection: case study of Tokyo Expressway”. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 1(6), pp. 404-414.
- [13] Agarwal, P.K., Patil, P.K, Mehar, R., 2013. “A Methodology for Ranking Road Safety Hazardous Locations Using Analytical Hierarchy Process”. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG), 104(2), pp. 1030-1037.
- [14] Behzadi, G., Rouhi, A., 2016. “Identification of the Amol-Babylon Accident-Based Points Based on Accidents Data Report by Forensic Medicine”. *The 2nd International Conference on New Development Achievements in Civil Engineering, Architecture and Urban Management*, (in Persian).
- [15] Shirmohammadi, H., Seyed Najib, A., and Hadadi, F., 2018. “Identification of Road Critical Segments Using Wavelet Theory and Multi-Criteria Decision-Making Method”, *EUROPEAN TRANSPORT-TRASPORTI EUROPEI* 68.
- [16] Kashani, H., 2004. “Wavelet Application in System Identification, A Student’s Seminar”, Amirkabir University of Technology, pp.1-24, http://bme2.aut.ac.ir/~towhidkhah/SystemIdent/StudentSeminars/SystemIdent83/Kashani/Wavelet_Identification.pdf (in Persian).

HOW TO CITE THIS ARTICLE

H. Shirmohammadi, F. Hadadi, S. Samadi, *Identification and Prioritization of Accident-prone Segments Based on Wavelet Theory and Cause-oriented Method*, Amirkabir J. Civil Eng., 52(3) (2020) 161-164.

DOI: [10.22060/ceej.2018.14803.5743](https://doi.org/10.22060/ceej.2018.14803.5743)





شناسایی و اولویت بندی قطعات حادثه خیز مبتنی بر تئوری موجک و روش علت گرا

حمید شیر محمدی^{۱*}، فرهاد حدادی^۲، صبا صمدی^۱

^۱گروه مهندسی عمران، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
^۲گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۷-۰۵-۱۷
بازنگری: ۱۳۹۷-۰۷-۲۳
پذیرش: ۱۳۹۷-۰۷-۲۳
ارائه آنلاین: ۱۳۹۷-۰۷-۲۹

کلمات کلیدی:

قطعات حادثه خیز
تصادفات جاده ای
قطعه بندی پویا
تئوری موجک
روش اولویت بندی علت گرا

خلاصه: قطعات حادثه خیز نقش مؤثری را در وقوع و تعداد تصادفات جاده ای دارند و اثرات اجتماعی و محیطی منفی بر عملکرد سیستم حمل و نقل می گذارند. بنابراین شناسایی و اولویت بندی قطعات حادثه خیز نقش مهمی را در راستای کاهش تصادفات، هزینه ها و بهبود سطح ایمنی جاده ها ایفا می کنند. با توجه به اهمیت تعیین مقاطع حادثه خیز، استفاده از روش های قطعه بندی پویا و اولویت بندی آن ها مبتنی بر تئوری موجک و روش علت گرا از اهداف اصلی این پژوهش است. در پایان، نتایج حاصل از روش های قطعه بندی و تئوری سیگنال موجکی در محور کرمانشاه - اسلام آباد غرب نشان داد که قطعات حادثه خیز بر اساس تراکم تصادفات رخ داده به صورت عمومی و محلی طبقه بندی می شوند. سپس، با بهره گیری از روش اولویت بندی علت گرا بر اساس فرآیند سلسله مراتبی در قطعات عمومی و محلی این نتیجه به دست آمد که قطعه S۲ در فاصله ۲/۵ تا ۱۱/۵ کیلومتری از ابتدای مسیر در اولویت بالاتر قرار دارد؛ در حالی که قطعه S۳ در فاصله ۷/۵ تا ۱۰/۵ کیلومتری از ابتدای مسیر در اولویت پایین تر بهبود وضعیت ایمنی جاده ای است. این پژوهش در آینده نیز ممکن است به محققین در راستای بررسی بیشتر ترکیب توابع ریاضی با روش های هوش مصنوعی، روش های استدلال منطقی، روش های الگوریتم ماشین یادگیری به منظور قطعه بندی قطعات حادثه خیز به عنوان روش های قطعه بندی پویا کمک کند.

۱- مقدمه

شامل راه^۱، انسان^۲، و محیط^۳ می باشند [۲-۴]. بنابراین روش هایی به منظور درک بیشتر از شرایط هندسی راه، رفتار انسان یا راننده و محیط نیاز است که اغلب بین راننده و محیط وابسته هستند [۵ و ۶]. به علاوه، با توجه به رشد حوادث ترافیکی و تهدید سلامت عمومی، از سوی سازمان ملل متحد، دهه ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ به نام دهه "اقدام برای ایمنی جاده ای" نام گذاری شده است. در نتیجه، کشورهایی نظیر سوئد و بعضی ایالت های آمریکا "برنامه چشم انداز صفر" را

تصادف عبارت است از برخورد یک وسیله نقلیه با وسیله نقلیه دیگر یا حیوان، انسان، اشیاء یا خروج وسیله نقلیه از جاده و یا واژگون شدن آن که منجر به جراحت، کشته شدن و خسارت گردد [۱]. تصادفات نیز از نظر اثرات منفی اجتماعی و محیطی بر عملکرد سیستم حمل و نقل می گذارد و باعث کشته شدن انسان ها و تأثیرات اقتصادی شدید خواهد شد. می توان گفت که هر تصادف نتیجه سلسله وقایعی است که در شرایط مشخص رخ داده است و به طور کلی عوامل مؤثر بر آن

- 1 Road Factor
- 2 Human Factor
- 3 Environmental Factor

* نویسنده عهده دار مکاتبات: h.shirmohammadi@urmia.ac.ir



زمانی و امکانات، همچنین کمبود واحدهای پشتیبانی و منابع مالی مواجهه باشیم، شناسایی نقاط حادثه خیز و اولویت بندی اصلاح نقاط، یکی از راهکارهای مناسب مدیریتی جهت دستیابی نسبی به اهداف پروژه ها می باشد [۱۲]. یکی از جنبه های نوآوری در این پژوهش، ارائه روش جدید قطعه بندی مناطق حادثه خیز مبتنی بر روش قطعه بندی پویا یا دینامیکی^۲ با تکیه بر اصول اساسی پردازش سیگنال^۳ است. از مزایای این روش می توان به ارائه مدلی دقیق و جامع برای قطعه بندی راه با استفاده از آمار تصادفات با داده های ورودی کم و نیز عدم وابستگی نتایج شناسایی قطعات تصادف خیز به طول اولیه قطعه بندی (روش قطعه بندی ثابت^۴) و محل شروع قطعات اشاره کرد و این بدان معنا است که روش قطعه بندی پویا یا دینامیکی برای قطعات با طول کم و زیاد، نتایج قابل قبولی را ارائه می دهد. از دیگر جنبه های نوآوری این پژوهش، رتبه بندی قطعات حادثه خیز به منظور تخصیص بهینه منابع بهینه و سیاست گذاری مناسب برای بهبود ایمنی آن ها است. در روش رتبه بندی و اولویت بندی علت گرا^۵ عوامل مؤثر در تصادفات از طریق ماتریس وزن دهی معیارها با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی وزن دهی می شوند و سپس قطعات به صورت صعودی یا نزولی اولویت اصلاح جاده ای قرار می گیرند. بنابراین هدف اصلی این پژوهش، ارائه مدلی جامع برای قطعه بندی راه از طریق روش قطعه بندی پویا یا دینامیکی، با استفاده از تئوری موجک^۶ است. زیرا این روش قابلیت شناسایی دقیق قطعات حادثه خیز با شرایط طول کم و زیاد و ناکافی بودن آمار تصادفات جاده ای را داراست و سپس با قطعه بندی قطعات حادثه خیز بر اساس روش اولویت بندی علت گرا مبتنی بر عوامل تصادف، اولویت بندی قطعات حادثه خیز صورت می گیرد تا منابع مالی به صورت بهینه توسط کارشناسان در قطعات بحرانی یا حادثه خیزتر دارای اولویت کیلومترژ محور کرمانشاه- اسلام آباد غرب استان کرمانشاه اختصاص یابد.

۲- مطالعات پیشین

مطالعات نشان داده که نقاط حادثه خیز پدیده ای ثابت و مطلق نیست بلکه یک پدیده فیزیکی به شمار می آید که دارای خاصیت

برای طراحی راه ها با کمترین میزان ریسک و مخاطره، اجرا نموده اند [۷]. محل هایی که تعداد زیادی از تصادفات در آنجا اتفاق می افتد، به صورت نقاط یا قطعه پرخطر یا حادثه خیز^۱ توصیف می شوند که بیش تر نیاز به عکس العمل صحیح راننده را دارند. این نقاط معمولاً بر اساس نرخ تصادفات (تصادفات بر حسب کیلومتر یا وسیله ی نقلیه ورودی) و بر اساس فرکانس تصادفات (تصادفات بر حسب کیلومتر- سال یا تصادفات بر حسب سال) مشخص می شوند. یکی از روش های شناسایی نقاط حادثه خیز، روش نقطه گذاری روی نقشه است که در آن نقاط سیاه روی مقاطع علامت گذاری می شوند و نقاطی از راه که تصادفات در آن ها رخ داده است شناسایی می شوند [۸]. مطالعه اصولی مرتبط به تصادفات جاده ای به منظور کاهش تلفات، در دو مرحله است که عبارتند از: مرحله پیشگیری (قبل از وقوع تصادفات) و مرحله درمان (پس از وقوع تصادفات)، که مطابق شکل ۱ نشان داده شده اند. هدف اصلی در مرحله پیشگیری، جلوگیری از بروز تصادفات به کمک شناسایی مکان های حادثه خیز و انجام اقدامات پیش گیرانه است. در حالی که هدف اصلی در مرحله درمان کاهش تعداد و شدت تصادفات و انجام اقدامات اصلاحی و هندسی به منظور بهبود امداد رسانی به حادثه دیدگان بعد از تصادفات است [۹].

بنابراین با شناسایی قطعات تصادف خیز راه های موردنظر به طور مناسب قطعه بندی می شوند. بر اساس طول هر قطعه می توان قطعه تصادف خیز (با طول کم) و قطعه تصادف خیز (با طول زیاد) را تعریف کرد [۱۰]. قطعه بندی با توجه به معیارهای مشخصی نظیر معیارهای طرح هندسی، حجم ترافیک وسایل نقلیه و میزان و سطح تأثیر خطر در جاده ها انجام می شود، زیرا وجود خطر در یک نقطه می تواند منجر به وقوع تصادف حتی در فاصله دورتری از آن نقطه تصادف شود. با توجه به گستردگی عوامل مؤثر در اولویت بندی قطعات تصادف خیز و تفاوت روش های اولویت بندی، هر کدام از روش های رایج برای اولویت بندی منجر به نتایج متفاوتی می شود. لذا در نظر نگرفتن علت تصادف در بررسی آمار تصادفات رخ داده منجر به خطای قابل توجهی در فرآیند اولویت بندی شده است که این خطا به نوبه خود منجر به عدم شناسایی صحیح اولویت قطعات به لحاظ تصادف خیزی خواهد شد [۱۱]. از طرفی اصلاح نقاط حادثه خیز، نیازمند به زمان بندی مناسب و امکانات کافی می باشد. در زمان هایی که با محدودیت

2 Dynamic Segmentation

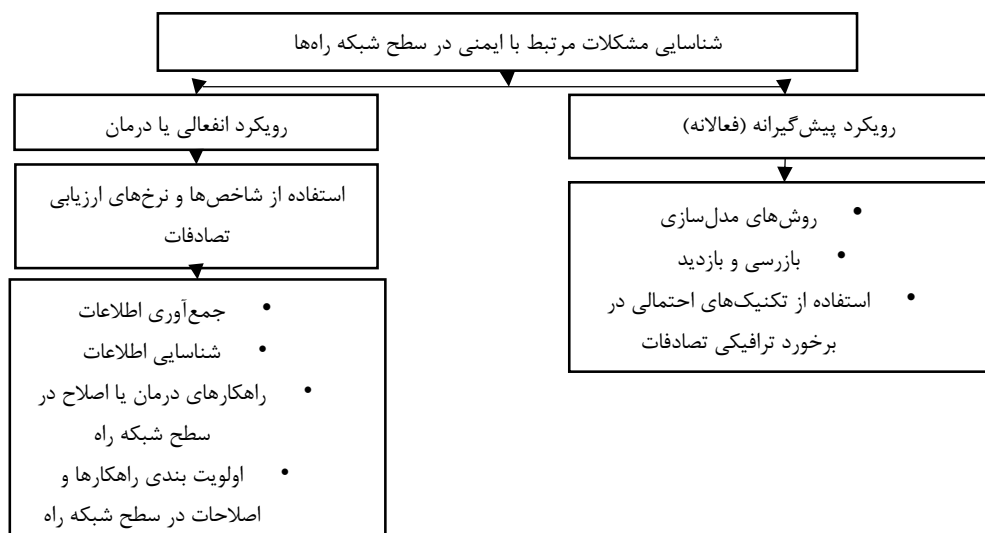
3 Signal Processing

4 Static Segmentation

5 Cause-Oriented Prioritization Method

6 Wavelet Theory

1 Accident prone locations



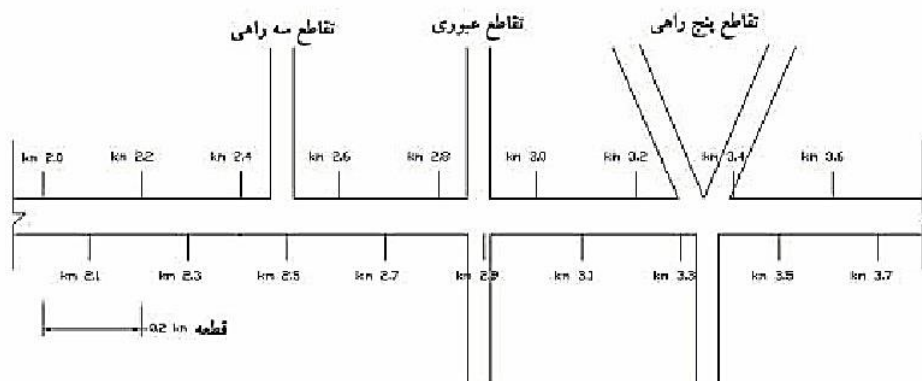
شکل ۱. روشهای شناسایی مشکلات مرتبط با ایمنی در سطح شبکه راهها [۹]
 Fig. 1. Identification methods of issues related to safety on road network

دینامیکی می باشد، به طوری که همه ساله با انجام عملیات راهسازی، بهسازی و تغییر بار ترافیکی، کاربری محل تغییر پیدا می کند و نقاط جدیدی ایجاد شده و در نتیجه نقاط پرحادثه جابه جا می شوند [۱۳]. ذاکرزاده و رضایی [۱۴]، در تحقیقی برای تعیین حادثه خیز بودن تقاطع های درون شهری، شهر همدان از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^۱ (AHP)، استفاده کردند. آن ها با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی معیارها را وزن دهی کردند و برای هر نقطه، شاخص حادثه خیزی مشخص شد و در نهایت اولویت بندی نقاط بر اساس شاخص حادثه خیزی انجام گرفت و بحرانی ترین و حادثه خیزترین تقاطع ها مشخص شدند. همچنین آن ها نشان دادند که مهمترین عوامل موجود در وقوع تصادفات در تقاطع ها به ترتیب اولویت عدم توجه به جلو، عبور از چراغ قرمز، عدم رعایت حق تقدم هستند. در مطالعه ای دیگر آلیان و همکاران [۱۱] تلفات تصادفات جاده ای در راه های برون شهری شامل بزرگراه های شریانی و اصلی را با روش جدیدی مورد بررسی قرار دادند. آن ها با استفاده از روش قطعه بندی ثابت، با توجه به ویژگی های هندسی راه برای شناسایی نقاط سیاه یا حادثه خیز، طول قطعات راه را بین ۵۰۰ متر تا ۷ کیلومتر در نظر گرفتند. تروکه [۱۵] نیز به منظور شناسایی و قطعه بندی قطعات حادثه خیز نزدیکی تقاطع ها راه را به بخش های ۰/۲ کیلومتری قطعه بندی کرد که تقاطع ها را قطع می کرد. شکل ۲ نیز این روش

قطعه بندی را نشان می دهد. او در تحقیق خود توانست به بررسی دقیق تری از قطعات حادثه خیز نزدیک تقاطع ها با این روش دست پیدا کند. در پژوهشی نیز لوویس و همکاران [۱۶]، به منظور شناسایی مناطق پرتصادف و تراکم، از روشی دینامیکی بصری استفاده کردند. این روش دینامیکی بصری قادر به شناسایی تمام مناطق با نقاط سیاه (حادثه خیز) بر روی چهارچوب پنجره های متحرک ۱۲ ماه بود. پروموسز و سیبیتی [۱۷]، به منظور توسعه سیستم مدیریت ایمنی بزرگراه ها، مدل بهینه ای را مبتنی بر کاهش تصادفات رانندگی با در نظر گرفتن عواملی نظیر بودجه ایمنی سالانه، دارایی موجود در جاده، طبقه بندی عملکرد جاده ای، داده های ۵ ساله تصادفات، اقدامات ایمنی و عوامل هزینه ای و کاهش تصادفات (CRF) و میانگین ترافیک روزانه ارائه کردند و این مدل توانست در شبکه بزرگراه ها به خوبی به کار رود. همچنین، لیو و همکاران [۱۸] از ترکیب تجزیه موجک ثابت با مدل میانگین جابه جایی^۲ (MA)، برای شناسایی خودکار تصادف در بزرگراه های توکیو، بهره بردند. مدل آن ها نشان داد که قابلیت بالایی در شناسایی دقیق تصادف ها دارد. چنگ و همکاران [۱۹] در مطالعه ای دیگر برای شناسایی خط مرکزی راه و طبقه بندی قطعات آن با وضوح تصویری زیاد از روش قطعه بندی چند مقیاسه و ماتریس تصمیم گیری مبتنی بر تئوری موجک استفاده

2 Movement Average Model

1 Analytical Hierarchy Process



شکل ۲. نمونه ای از طرح قطعه بندی با تعریف قطعات ۰/۲ کیلومتری [۱۵]
 Fig. 2. Example of a segmentation with a 0.2 km interval segmentation



شکل ۳. تعداد تصادفات شمارش شده در دو نوع قطعه بندی مختلف [۲۰]
 Fig. 3. Number of accidents in two kinds of segmentation method

قطعه بندی ثابت و قطعه بندی پویا. قطعه بندی ثابت شامل کلیه روش هایی است که در آن ها طول قطعه مورد بررسی، ثابت بوده و با تقسیم بندی راه به قطعاتی با طول مشخص، پس از شمارش تعداد تصادفات رخ داده در قطعات، قطعات حادثه خیز شناسایی می شوند و به ترتیب اولویت بندی قطعات حادثه خیز، قطعات با اولویت بیشتر شناسایی می شوند. با توجه به پراکندگی تصادفات در طول مسیر و علت رخ دادن آن ها، می توان چنین استنباط کرد که شاخص خطر و یا احتمال تصادف خیزی در طول مسیر به عوامل ایمنی نظیر راه، وسیله نقلیه و انسان وابسته است. مثلاً ممکن است در طول مشخصی از مسیر ضریب اصطکاک روسازی مناسب نبوده و در فواصل زمانی از سال باعث بروز تصادفات به این دلیل شود و یا ممکن است در قسمتی از مسیر به دلیل مناسب نبودن فاصله دید در قوس جاده، تصادفاتی در آن رخ دهد. با توجه به مثال های مطرح شده می توان نتیجه گرفت که طول قطعات حادثه خیز به گستردگی علت آن ها

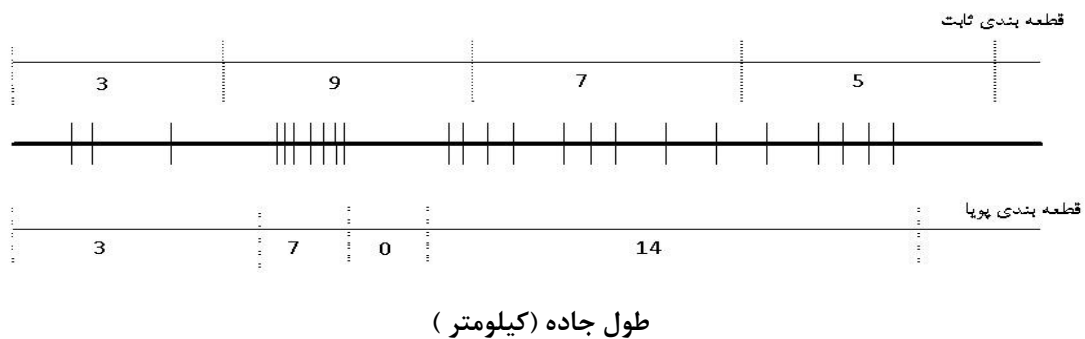
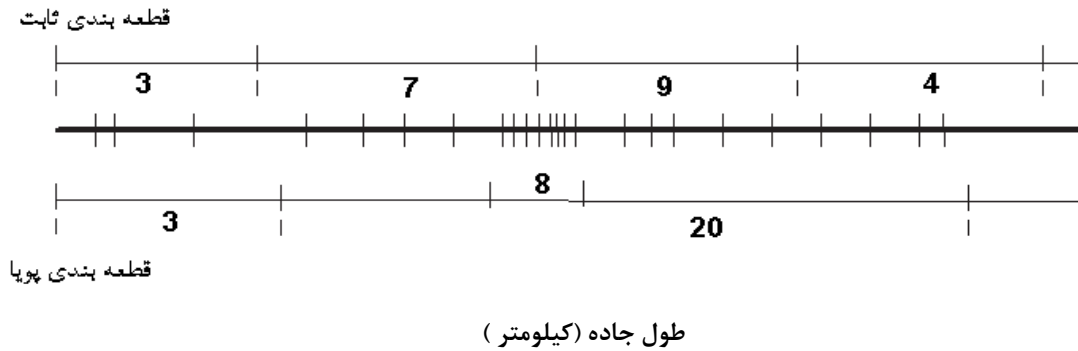
نمودند. آن ها همچنین نشان دادند که برای قطعه بندی راه می توان از روش های تصویری چند منظوره و برش تصویری در طول مسیر استفاده نمود.

۳- روش شناسی تحقیق

به منظور انجام این پژوهش، ابتدا روش های قطعه بندی پویا و تئوری موجک مورد بررسی قرار می گیرند و سپس روش اولویت بندی علت گرا، به منظور اولویت بندی قطعات حادثه خیز بحرانی و کمک به کارشناسان جهت اختصاص منابع مالی مناسب در بهسازی آن ها پیشنهاد می گردد که به صورت زیر شرح داده می شوند.

۳-۱- قطعه بندی پویا یا دینامیکی

شیوه هایی که امروزه برای قطعه بندی حادثه خیز بودن جاده استفاده می شود را می توان به دو دسته تقسیم کرد که عبارتند از



از قطعات در قطعه بندی ۱ بیش از ۱۰ نشده است ولی با تغییر نوع قطعه بندی (براساس تراکم تصادفات) قطعاتی با تعداد بیش از ۱۰ نیز دیده می شود (قطعه بندی ۲).

ب-عدم برداشت نتیجه مشخصی از نحوه پراکندگی تصادفات معمولاً وقتی تعداد تصادفات به وقوع پیوسته در یک محدوده از راه بیشتر از حد مشخصی باشد می تواند نشان دهنده مشکلی در آن محدوده باشد مثل شعاع قوس کم در مقطع محدودی از راه یا فاصله دید نامناسب در یک محدوده مشخص، ولی اگر موقعیت تصادفات رخ داده در طول بیشتری از راه پراکنده باشد، بسته به شرایط ممکن است تصادفات به علت خطاهای انسانی پراکنده باشد و یا به دلیل یک مشکل عمومی در طول مسیر مثل کمبود عرض خط یا عرض شانه آن باشد.

ج-عدم قابلیت شناسایی قطعات در مقیاس های مختلف اگر در طول مشخصی از راه یک نقص بصورت عمومی و چند نقص

در طول مسیر متغیر است و استفاده از روش های قطعه بندی ثابت ممکن است نتایج تحلیل و شناسایی قطعات تصادف خیز را دچار خطا و انحراف کند، زیرا این روش مبتنی بر علت تصادفات نمی باشد که باعث عدم شناسایی برخی از قطعات حادثه خیز می شود. در تحقیقی بروجردیان و همکاران [۲۰] چهار مورد از اشکالات اساسی روش های قطعه بندی ثابت را بررسی کردند که عبارتند از:

الف-احتمال حذف محدوده هایی از راه با تراکم تصادف بالا در این حالت قطعه بندی ممکن است حالتی پیش بیاید که در آن مرز بعضی قطعات در میان یک طول پر تراکم از تصادف واقع شود و نیمی از تصادفات در یک مقطع و نیم دیگر در مقطع دیگر قرار بگیرد و با سرشکن شدن تراکم تصادفات در دو قطعه، مقاطع خطرناک شناسایی نشده و در نتیجه شناسایی قطعات دچار خطا می شود. این نقص ها در شکل ۳ قابل بررسی است.

همان طور که در شکل ۳ دیده می شود تعداد تصادفات هیچ کدام

و همکاران [۲۳] در پژوهشی دیگر، ایمنی جاده های مواصلاتی شمال کشور را با استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره، مورد ارزیابی و بررسی قرار دادند. همچنین امینی و گلی [۲۴]، به مدل شاخص ایمنی جاده ای بر اساس رتبه بندی شبکه راه ها، عوامل مؤثر در وقوع تصادفات و اولویت بندی راه حل های اصلاح خطرپذیری قطعات راه، توسط روش تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)^۳ دست یافتند. کاظمی و همکاران [۲۵]، در پژوهش خود نیز روش های تصمیم گیری چندمعیاره را برای تعیین علل اصلی تصادفات جاده ای مسافران و گردشگران استفاده نمودند. در تحقیقی دیگر، بهزادی و روحی [۲۶]، روش جدیدی را مبتنی بر روش های پرکاربرد تعیین نقاط حادثه خیز (روش فراوانی تصادفات، شدت تصادفات، نرخ تصادفات) و عوامل مؤثر تصادفات به کمک مدل تحلیل سلسله مراتبی نشان دادند. شیرمحمدی و همکاران [۲۷] نیز تئوری موجک و روش اولویت بندی تحلیل سلسله مراتبی را برای شناسایی مناطق با ایمنی کمتر و حادثه خیز استفاده کردند.

۳-۲- تبدیل آمار تصادفات به داده های پردازش سیگنال

پردازش سیگنال ها بر اساس تئوری موجک به منظور کسب اطلاعاتی از قبیل تعیین فرکانس غالب و زمان وقوع آن، محتوای فرکانسی با اطلاع از زمان وقوع آن ها، تشخیص و حذف اغتشاشات تصادفی از فرآیند، نحوه توزیع انرژی فرآیند در فرکانس های مختلف بر حسب زمان و غیره انجام می شود. ولی پردازش سیگنال به روش مرسوم یعنی استفاده از تبدیل فوریه می تواند اطلاعاتی مربوط به محتوای فرکانسی را در فضای فرکانسی، بدون اطلاع از زمان وقوع آن ارائه دهد. تئوری های ریاضی گوناگونی برای کسب این اطلاعات بطور همزمان در فرکانس و زمان، توسعه داده شده اند که معروف ترین آن ها تبدیل فوریه به کمک پنجره تبدیل فوریه موجک^۴ است. در سال های اخیر نیز تئوری موجک برای پردازش سیگنال گسترش یافته است [۲۸]. انتقال سیگنال از یک مبنا به مبنای دیگر به روش های مختلف امکان پذیر است. یکی از این روش ها تبدیل سیگنال زمان مبنا به فرکانس مبناست که به تبدیل فوریه معروف است. روش دیگر، روش تبدیل موجک است. تبدیل موجک اطلاعات را به صورت همزمان در دو حوزه زمان و فرکانس ارائه می کند. در تبدیل موجک بر خلاف

بصورت موضعی وجود داشته باشد، روش های موجود قادر به شناسایی آن نیستند، همان طور که شکل ۴ این موضوع را نشان می دهد. از طرفی با توجه به نحوه گستردگی تصادفات در طول مسیر می توان نشان داد که احتمالاً علت تصادف خیزی در طول بیشتری از مسیر وجود دارد و در طول کوتاه تر به دلیل شدت یافتن آن علت و یا به عوامل دیگر احتمال بروز تصادف بیش تر است که با استفاده از روش های قطعه بندی موجود احتمال عدم شناسایی آن ها زیاد است. د-عدم تطابق طول قطعه تصادف خیز با طول مشخص شده در قطعه بندی ثابت

اگر طول قطعه تصادف خیز در واقع، بیشتر و یا کمتر از طول هر قطعه مشخص شده باشد، روش قطعه بندی موجود قادر به شناسایی طول مناسب از قطعه حادثه خیز نمی باشد. همان طور که شکل ۵ نشان دهنده این موضوع می باشد. طول قطعه تصادف خیز باید متناسب با گستردگی علت تصادف در طول مسیر تعیین شود و ثابت فرض کردن طول قطعات در مرحله بررسی ممکن است فرآیند شناسایی قطعات تصادف خیز را دچار خطا و انحراف کند که این مشکل توسط قطعه بندی پویا برطرف می شود.

بنابراین با مقایسه دو روش قطعه بندی ثابت و پویا می توان نشان داد که روش قطعه بندی پویا یا دینامیکی کامل تر است و قابلیت های بیشتری در طول مسیر برای شناسایی نقاط و قطعات حادثه خیز دارد. در روش قطعه بندی پویا مبتنی بر تئوری ریاضی تبدیل موجک، طول قطعات تصادف خیز متناسب با آرایش تصادفات در طول مسیر به دست می آید. همچنین مزیت این روش، امکان شناسایی قطعات تصادف خیز با طول محدودتر در مسیرهای طولانی است. در روش قطعه بندی پویا تحقیقات گسترده ای برای شناسایی قطعات حادثه خیز و اولویت بندی آن ها انجام شده است. کریستین [۲۱]، در پژوهش خود مبتنی بر اولویت بندی پروژه های راه از روش تحلیل سلسله مراتبی و نرم افزار انتخاب کارشناسی^۱ استفاده کرد. آگاروال^۲ و همکاران [۲۲] نیز در نتایج تحقیق خود یک روش درجه بندی مناطق خطرناک جاده را با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ارائه نمودند که یک روش چهارمرحله ای برای درجه بندی مناطق حادثه خیز است که به داده های تصادف نیاز نمی باشد و یک ساختار سلسله مراتبی را برای شناسایی عوامل تصادفات ارائه می کند. رصافی

3 Multi Criteria Decision Making

4 Window Fourier Transform

1 Expert Choice

2 Agarwal

به زبان ساده، تبدیل موجک بیان می کند که در چه موقعیتی (متغیر b ، متغیر موقعیت)، چه اتفاقی با چه طول عمری (متغیر a ، متغیر مقیاس) و با چه شدتی اتفاق خواهد افتاد. روابط (۱) و (۲) نیز بیان دیگری از رابطه تبدیل موجک است:

$$\psi(t) \rightarrow \psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$

$$f(t) = \sum_{a,b} C_{a,b}^{f,\psi} \cdot \psi_{a,b}(t) \quad (2)$$

مفهوم آن این است که، در موقعیت b با مقیاس a ، تابع $\psi_{a,b}(t)$ ، چقدر در تشکیل تابع f تأثیرگذار است. در رابطه بالا، C یک ضریب است، نشان دهنده این است که در موقعیت b ، مقیاس a چقدر تأثیرگذار بوده است و فرمول آن به صورت رابطه (۳) بیان می شود:

$$C_{f,\psi}(a,b) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \cdot \psi_{a,b}^*(t) dt \quad (3)$$

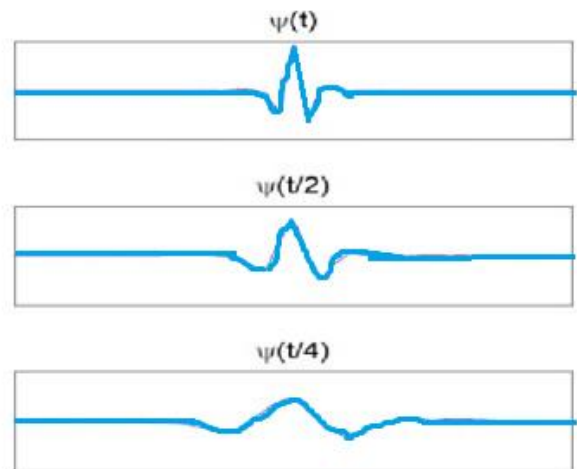
*علامت مزدوج مختلط است.

در نهایت، مزیت اصلی تبدیل موجک، نابرابر بودن طول پنجره ها در پنجره بندی سیگنال است. با پنجره بندی متغیر با شفافیت مناسب، متغیرهای در حوزه های زمان، مقیاس و فرکانس حاصل شده و وجود متغیرهای ناگهانی از اهمیت بالایی برای تحلیل های مختلف، برخوردار است. در این پژوهش پس از تعیین موقعیت تصادفات در طول مسیر بر اساس آمار ثبت شده تصادفات توسط پلیس راهنمایی و رانندگی محور کرمانشاه- اسلام آباد، این آمار داده کاوی می شوند و با توجه به موقعیت تصادفات نسبت به یکدیگر (پراکندگی و یا تراکم) قطعات راه براساس پتانسیل حادثه خیزی تفکیک و شناسایی می شوند. در این روش با شبیه سازی آمار تصادفات به سیگنال های قابل تحلیل توسط تئوری موجک ریاضی، از مدل آن برای تحلیل تراکم غیر عادی تصادفات استفاده می شود و سپس مقطعی از راه به عنوان پاسخ موضعی مقاطع در نظر گرفته می شود و طول حوزه نفوذ تصادفات براساس پراکندگی آن ها مشخص می شود. با توجه به پراکندگی داده های تصادفات در طول مسیر، ابتدا فرض می شود که تجمع تصادفات در طول های محدودی از مسیر نشان دهنده وجود

تبدیل فوریه، که سیگنال یا سری اطلاعاتی را بر روی توابع سینوسی و کسینوسی و هارمونیک های آن ها تجزیه می کند، سیگنال بر روی یک دسته از توابع که موجک نامیده می شوند و بر گرفته از موج مادر می باشند تصویر می گردد. برخلاف توابع سینوسی و کسینوسی در تبدیل فوریه تابع موجک در فضای زمان محدود بوده و بعد از چند ارتعاش به سرعت به سمت صفر میل می کند. در این روش، مسأله تقسیم سیگنال به بخش های مختلف، با استفاده از مقیاس گذاری و انتقال دادن یک تابع حل می شود. این تابع در طول سری اطلاعاتی انتقال پیدا می کند و برای هر موقعیت آن، طیف سری اطلاعاتی محاسبه می شود. این مراحل برای توابعی با مقیاس های مختلف تکرار می شود و در نهایت نتیجه حاصل به صورت مجموعه ای از اطلاعات آرگومان - فرکانس به دست می آید. ویژگی اصلی تبدیل موجک در مقابل تبدیل فوریه زمان کوتاه آن است و تمامی توابع پایه از انتقال و مقیاس یک تابع (موجک مادر) به دست می آیند. در موجک دو پارامتر انتقال و مقیاس تعریف می شود که به صورت زیر هستند:

۱- انتقال: انتقال یک موجک به معنای تأخیر انداختن آن است و باعث می شود موجک مورد نظر به سمت راست انتقال پیدا کرده و از اول تا انتهای سیگنال را طی کند.

۲- مقیاس: همان طور که از معنی آن مشخص است به عنوان یک عملگر ریاضی سیگنال را منبسط و منقبض می کند و فاکتور فشردگی یا کشیدگی است. همان طور که شکل ۶ مفهوم مقیاس در تبدیل موجک را نشان می دهد.



شکل ۶. مفهوم مقیاس در تبدیل موجک [۲۹]
Fig. 6. Concept of wavelet transform

منطقه مورد مطالعه صورت گیرد. به دلیل پیچیدگی تفسیر داده های تصادفات در قطعات با طول های متفاوت، استفاده از قطعات با طول های ثابت برای قطعه بندی مناطق تصادف خیز توصیه می شود. اما از طرفی، انجام عملیات قطعه بندی ممکن است با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه تغییر کند. به طور کلی در جایی که مشخصات فیزیکی و ترافیکی مسیر تغییر اساسی می کند و همچنین در محل هایی که تصادفات زیادی نسبت به کل جاده اتفاق می افتد، باید قطعات جدیدی تعریف شود. در نهایت به هر قطعه یک کد مشخص تعلق می گیرد [۳۰].

مرحله ۳: طبقه بندی داده های تصادفات

در این مرحله پس از جمع آوری کامل داده های مرتبط به تصادفات در مسیر در یک دوره زمانی مشخص، این داده ها بر روی نقشه منطقه قرار می گیرند. به طور کلی عوامل مختلفی نظیر عوامل جاده، انسان و وسیله نقلیه در تصادف خیزی یک قطعه تأثیر دارند. با توجه به انجام عملیات اولویت بندی در این مدل بر اساس تعداد، شدت و عوامل بروز تصادف، در این مرحله، داده های تصادفات باید در هر قطعه از مسیر بر اساس عوامل مؤثر بر وقوع تصادف (جاده ای، محیطی، وسیله نقلیه و انسانی) و شدت (فوتی، جرحی و خسارتی) تصادف تفکیک شوند. تعداد معیارهای تصمیم گیری، بستگی به تعداد عوامل مؤثر بر وقوع تصادف است. همچنین معیار شدت تصادف نیز به عنوان پارامتر مهم اعمال شده در مدل، به سه گروه تصادفات فوتی، جرحی و خسارتی تقسیم بندی می شود.

مرحله ۴: وزن دهی معیارها

در هر منطقه، باید با توجه به شرایط محلی، مطالعاتی در زمینه عوامل مؤثر بر وقوع تصادفات و تعیین وزن هر یک از آن ها انجام شود که معمولاً از طریق بررسی آمار تصادفات، توزیع پرسشنامه و یا مصاحبه با متخصصین ایمنی انجام می شود. وزن نسبی هر معیار با W_j نشان داده می شود. بنابراین بردار وزنی معیارها نیز به صورت

رابطه (۴) نشان داده می شود:

$$W_{n \times 1} = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

به طوری که در رابطه (۵):

یک یا چند عامل تصادف خیزی در آن محدوده است. لذا در این مرحله، شناسایی محل های تجمع معنی دار تصادفات در مسیر مورد بررسی قرار می گیرد. با توجه به متغیر بودن طول واقعی قطعات حادثه خیز متناسب با وجود عوامل خطر در طول مسیر، مدلی قادر به شناسایی صحیح قطعات حادثه خیز است که بتواند طول قطعه بندی اولیه را متناسب با پراکندگی داده ها تعریف کند.

۳-۳- تئوری مدل اولویت بندی علت گرا

در مدل اولویت بندی علت گرا، قطعه حادثه خیز قطعه ای است که تعداد تصادفات به وقوع پیوسته در آن به یک علت مشخص از حد معینی بیشتر باشد. به عبارت دیگر، قطعه ای که در آن تصادفات به علل مختلف روی داده اند را نمی توان یک قطعه حادثه خیز به شمار آورد. به عنوان مثال، اگر در دو قطعه از مسیر با مشخصات مشابه، ۵ تصادف به وقوع پیوسته باشد، در حالی که در قطعه اول، این تصادفات به ۵ علت مختلف و در قطعه دوم، به یک علت مشخص روی داده باشد، طبق تئوری ارائه شده احتمال وقوع تصادف در قطعه دوم ۵ برابر قطعه اول خواهد بود. در حالی که مدل های مطرح شده تاکنون احتمال وقوع تصادف در این دو قطعه را مساوی محاسبه می کنند. در مدل اولویت بندی علت گرا علاوه بر پارامتر علت وقوع تصادفات، پارامترهای دیگری شامل تعداد تصادف، شدت تصادف و حجم تردد وسایل نقلیه نیز به طور همزمان در نظر گرفته می شوند. بنابراین با ارائه این مدل می توان یک گام در جهت رفع نقایص مدل های پیشین برداشت. بنابراین، در این پژوهش عوامل وقوع تصادف به چهار بخش کلی جاده ای، محیطی، وسیله نقلیه و انسانی طبقه بندی می شوند. این چهار بخش نیز خود به قسمت های دیگری قابل تقسیم هستند. اما به هر حال بر اساس نوع نیاز و دقت مورد انتظار مطالعات می توان علل مذکور را تعیین و نسبت به اعمال آن در عملیات اولویت بندی اقدام کرد. مدل اولویت بندی علت گرا شامل مراحل زیر است:

مرحله ۱: بازرسی راه و جمع آوری داده ها

ابتدا باید مسیر مورد نظر برای انجام عملیات ایمن سازی مورد بازدید اولیه قرارگیرد. در این مرحله، مشخصات فیزیکی و ترافیکی مسیر تعیین شده و تحلیل می شوند.

مرحله ۲: قطعه بندی مسیر مورد مطالعه

در بررسی و تحلیل تراکم تصادفات بهتر است از طریق قطعه بندی

برای تشکیل ماتریس احتمالاتی در این مدل ابتدا نیاز به بیان چند نکته مقدماتی است. احتمال تصادف خیزی یک قطعه به یک علت مشخص به سه عامل زیر بستگی دارد:

- ۱- احتمال وقوع تصادف در یک قطعه
 - ۲- درصد تصادفات به وقوع پیوسته در یک قطعه به دلیل مشخص
 - ۳- تعداد تصادفات در یک قطعه.
- احتمال وقوع تصادف در یک قطعه برابر است با تعداد تصادفات به وقوع پیوسته در آن قطعه تقسیم بر حجم تردد وسایل نقلیه. بنابراین احتمال وقوع تصادف را می توان با عبارت $\sum_{j=1}^n f_{ij}$ نمایش داد. به عبارت دیگر، وقتی تعداد تصادفات در دو قطعه با یکدیگر برابر باشند، قطعه ای که حجم ترافیک کمتری دارد، حادثه خیزتر است. درصد تصادفات در قطعه A_i به علت x_j را نیز می توان به صورت $\frac{f_{ij}}{\sum_{j=1}^n f_{ij}}$ نشان داد. بنابراین با تعیین احتمال تصادف خیزی یک قطعه در آینده، ماتریس احتمالاتی R ، از حاصل ضرب عبارات مذکور در مقدار f_{ij} مطابق رابطه (۸) به دست می آید.

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sum_{j=1}^n f_{ij}} \times \frac{\sum_{j=1}^n f_{ij}}{v_i} \times f_{ij} = \frac{f_{ij}^2}{v_i} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

که در آن:

r_{ij} = احتمال وقوع تصادف در قطعه A_i به علت x_j
 v_i = حجم ترافیک عبوری از قطعه در دوره زمانی شمارش تصادف بر حسب ۱۰۰۰ وسیله نقلیه

در این رابطه، احتمال وقوع تصادفات توسط تئوری احتمالاتی به دست می آید. لازم به ذکر است که معیارهای تصمیم گیری دارای ابعاد یکسانی هستند و نیازی به نرمالیزه کردن آن ها نیست. بنابراین ماتریس احتمالاتی R مطابق رابطه (۹) نمایش داده می شود:

$$R = (r_{ij})_{\max} = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (9)$$

مرحله ۷: تشکیل ماتریس اولویت بندی

با استفاده از رابطه (۱۰) ماتریس اولویت بندی F' از حاصل ضرب

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (5)$$

مرحله ۵: تشکیل ماتریس تصمیم گیری

در این مرحله، تعداد تصادفات رخ داده در هر قطعه از مسیر بر اساس عوامل وقوع تصادف و شدت تصادف در ماتریسی موسوم به ماتریس تصمیم گیری F به صورت رابطه (۶) و (۷) نمایش داده می شوند:

$$F = (f_{ij})_{\max} = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \dots & f_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6)$$

که در آن:

m = تعداد قطعات راه،

x_j = معیارهای اولویت بندی قطعات حادثه خیز

f_{ij} = شدت وزنی تصادف به وقوع پیوسته در قطعه A_i به دلیل

x_j ، که با استفاده از رابطه (۷) تعیین می شود:

$$f_{ij} = \sum_{k=1}^3 (f_{ijk} \times S_k) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad k = 1, 2, 3 \quad (7)$$

که در آن:

f_{ijk} = تعداد تصادفات به وقوع پیوسته در قطعه A_i به دلیل

x_j و شدت

$K = 1$ برای تصادفات فوتی، $K = 2$ برای تصادفات جرحی و

$K = 3$ برای تصادفات خسارتی

S_k = وزن شدت تصادفات

لازم به ذکر است که در این ماتریس، معیارهای مجموعه

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ شامل دو سطح عوامل بروز تصادف و

شدت تصادف (فوتی، جرحی و خسارتی) هستند. از آنجا که در مدل

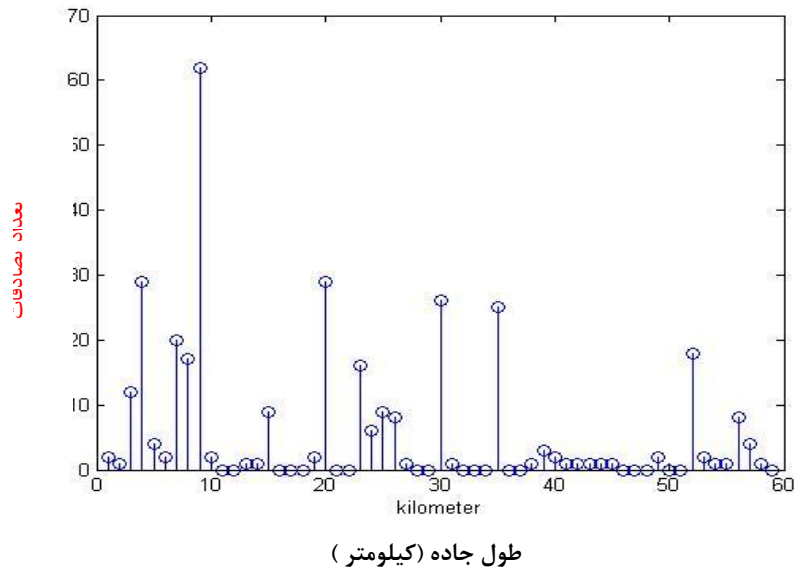
ارائه شده، تعداد تصادفات به یک علت مشخص مبنای اولویت بندی

می باشد، لذا ابتدا شدت وزنی تصادفات در هر قطعه برای هر علت

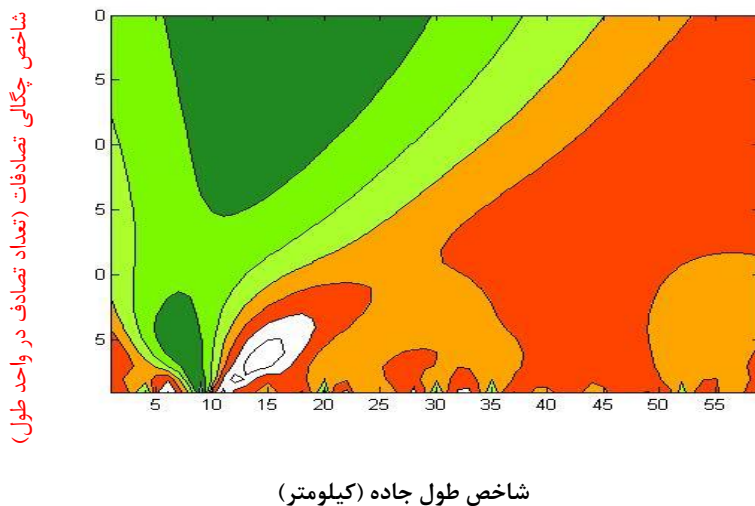
مشخص تعیین شده و سپس این مقدار به عنوان f_{ij} در ماتریس

تصمیم گیری قرار داده می شود.

مرحله ۶: تشکیل ماتریس احتمالاتی



شکل ۷. الگوی تصویری آمار تصادفات محور کرمانشاه-اسلام آباد غرب
 Fig. 7. Accident data on Kermanshah-Eslamabade Gharb road



شکل ۸. خروجی موجک پایش نشده محور کرمانشاه-اسلام آباد غرب
 Fig. 8. Output of unrefined wavelet transform on Kermanshah-Eslamabade Gharb road

مرحله ۸: اولویت بندی قطعات تصادف خیز در نهایت با اولویت بندی درآیه های ماتریس F' به صورت صعودی و یا نزولی، می توان اولویت هر قطعه از قطعات مورد نظر را برای انجام عملیات ایمن سازی تعیین کرد.

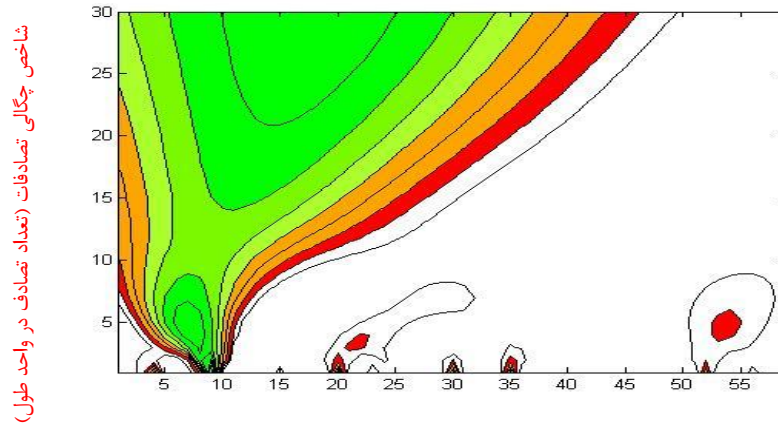
ماتریس R در بردار وزنی W به دست می آید، به طوری که:

$$F'_{m \times 1} = R_{m \times n} \times W_{n \times 1} = \begin{bmatrix} f'_1 \\ f'_2 \\ \vdots \\ f'_m \end{bmatrix} \quad (10)$$

۴- نتایج و یافته های تحقیق

در این پژوهش پس از جمع آوری داده های مرتبط به تصادفات در طول مسیر و شناسایی و اولویت بندی قطعات حادثه خیز با استفاده

که در آن: f'_i = میزان اهمیت قطعه A_i با توجه به میزان حادثه خیزی آن قطعه



شاخص طول جاده (کیلومتر)

شکل ۹. خروجی موجک پایش شده محور کرمانشاه-اسلام آباد غرب

Fig. 9. Output of refined wavelet transform on Kermanshah-Eslamabade Gharb road

در طول محور به صورت شکل های ۸، ۹ و ۱۰ نشان داده می شود. هر جایی که در این شکل تصادفی ثبت شده است اثر آن نیز دیده می شود. مراکز قطعات تصادف خیز همان قله های خطوط تراز شکل است و اندازه مقیاس قله ها، طول قطعات تصادف خیز را نشان می دهد. مشکلی که در آن قسمت دیده می شود وجود سیگنال های اضافی است که ناشی از تصادفات پراکنده است. نحوه از بین بردن اغتشاشات سیگنال به صورت نویزبرداری^۱ است. با توجه به اینکه برخی تصادفات در طول مسیر بصورت تک و پراکنده رخ می دهند و نشان دهنده وجود عامل تصادف خیزی خاصی در آن محدوده نیستند، لذا مدل باید قادر به حذف اینگونه داده های پرت یا اضافی از کل آمار تصادفات باشد و بتواند خطای تحلیلی را کاهش دهد. یکی از قابلیت های مدل، حذف اغتشاشات موجود در داده است. برای حذف اغتشاشات نیز از خانواده موجک دوبیچرز^۲ مرتبه ۸ استفاده شده است. پس از استفاده از این خانواده موجکی، خروجی آن به صورت خروجی موجک پایش شده در شکل ۹ نشان داده می شود.

در شکل ۱۰، قطعات حادثه خیز محور کرمانشاه-اسلام آباد غرب با استفاده از خروجی موجک پایش شده^۳ تبدیل موجک از نرم افزار متلب، قطعه بندی می شود. در این مرحله با استفاده از رویه تبدیل موجک اصلاح شده قطعات حادثه خیز محلی و عمومی نیز تعیین می شوند. بنابراین، با توجه به شکل ۱۰، این مسیر به ۱۴ قطعه با

از تئوری موجک، روش علت گرا اولویت بندی قطعات حادثه خیز تر و بحرانی تر را جهت اصلاح نقاط و اختصاص منابع مالی به کارشناسان کمک می کند که این نتایج به صورت زیر ارائه می گردند:

۴-۱- جمع آوری داده های تصادفات مرتبط به محور کرمانشاه - اسلام آباد

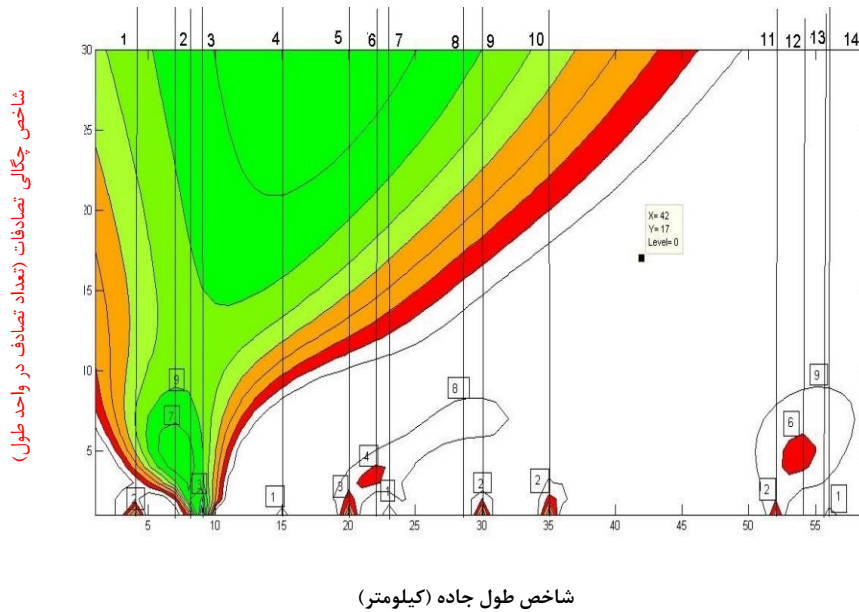
شکل ۷ آمار تصادفات را در محور کرمانشاه - اسلام آباد غرب نشان می دهد. در این شکل محور افقی نشان دهنده طول مسیر بر حسب کیلومتر بوده و محور قائم تعداد تصادفات را نشان می دهد. در شکل ۷ نیز محور افقی، طول مسیر به طول واحد نمونه گیری ۱۰ کیلومتر است طول کل مسیر در این محور ۶۰ کیلومتر است و محور عمودی، تعداد تصادفات به وقوع پیوسته در هر واحد نمونه گیری را نشان می دهد. محور افقی شکل ۸ همان تعریف محور افقی شکل ۷ را دارد و نشان دهنده شاخصی از طول مسیر است و محور عمودی نشان دهنده مقیاس موجک است. به ترتیب X یک نقطه انتخابی در این شکل نماینده موقعیت نقطه در طول مسیر، Y نشان دهنده مقیاسی است که اندازه تبدیل موجک در آن نقطه ماکزیمم بوده و خط تراز گذرنده از آن، نشان دهنده اندازه تبدیل موجک در آن نقطه است.

۴-۲- قطعه بندی و اولویت بندی قطعات حادثه خیز با استفاده از

روش دینامیکی تبدیل موجک

در نتیجه پس از اجرای تئوری موجک، خروجی و تراکم تصادفات

- 1 De-noising
- 2 Daubecheis Wavelet
- 3 Refined Output



شکل ۱۰. قطع‌بندی محور کرمانشاه-اسلام آباد غرب
 Fig. 10. Segmentation on Kermanshah-Eslamabade Gharb road

۱- تعیین وزن معیارها: وزن نسبی علل تصادف اعم از جاده‌ای، محیطی و انسانی بر اساس نتایج پرسشنامه خبره مورد استفاده در این پژوهش، با استفاده از رابطه (۴) به دست می‌آید و نتیجه آن به صورت رابطه (۱۱) نشان داده می‌شود.

$$W = E \begin{bmatrix} R & 0.309 \\ & 0.137 \\ H & 0.555 \end{bmatrix} \quad (11)$$

۲- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری: برای اولویت‌بندی قطعات حادثه‌خیز با استفاده از مدل اولویت‌بندی علت‌گرا، ماتریس تصمیم‌گیری به صورت رابطه (۱۲) نشان داده می‌شود.

$$F = (f_{ij})_{12 \times 3} = \begin{bmatrix} S1 & 17 & 5 & 31 \\ S2 & 42 & 8 & 59 \\ S3 & 4 & 0 & 5 \\ S4 & 9 & 0 & 18 \\ S5 & 10 & 0 & 17 \\ S6 & 12 & 7 & 20 \\ S7 & 6 & 2 & 15 \\ S8 & 1 & 0 & 4 \\ S9 & 3 & 0 & 1 \\ S10 & 0 & 0 & 0 \\ S11 & 8 & 2 & 11 \\ S12 & 4 & 1 & 8 \end{bmatrix} \quad (12)$$

۳- تشکیل ماتریس احتمالاتی: با استفاده از رابطه (۸) برای تعیین احتمال حادثه‌خیزی یک قطعه نیز، ماتریس احتمالاتی به صورت رابطه

طول‌های متفاوت تقسیم شد و نتایج آن در جدول ۱ نیز نشان داده شده است.

همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، قطعات ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۹، ۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۱ از نظر تراکم تصادفات رخ داده که طول محدودی از تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند، قطعات تصادف‌خیز محلی و در حالی که قطعات ۱۳، ۱۲، ۸ و ۲ را که طول قابل توجهی از تراکم تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند، قطعات تصادف‌خیز عمومی نامیده می‌شوند. بدیهی است که شکل ۱۰ میزان نزدیک بودن موقعیت قطعات ۱۳، ۱۲، ۸ و ۲ را با آمار واقعی نشان می‌دهد. بنابراین از لحاظ اهمیت حادثه‌خیز بودن قطعات به صورت عمومی و محلی یا صعودی و نزولی می‌توان آن‌ها به ترتیب زیر مشخص کرد.

$$S_7 < S_{13} < S_8 < S_{10} < S_1 < S_{14} < S_4 \\ < S_{11} < S_{12} < S_9 < S_6 < S_5 < S_2 < S_3$$

۳-۴- اولویت‌بندی قطعات حادثه‌خیز محور کرمانشاه - اسلام آباد غرب با استفاده از مدل اولویت‌بندی علت‌گرا

پس از شناسایی شدت حادثه‌خیزی، به منظور اولویت‌بندی قطعات حادثه‌خیز محور کرمانشاه - اسلام آباد غرب، پرسشنامه موجود بر اساس پرسشنامه خبره توسط کارشناسان انجام شده است و بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی AHP انجام می‌شود که به صورت زیر است.

جدول ۱. نتایج قطعه بندی محور کرمانشاه- اسلام آباد غرب
Table 1. Summary of segmentation on Kermanshah-Eslamabade Gharb road

شماره قطعه	طول	کیلومتر(از کیلومتر... تا کیلومتر...)	اولویت بندی قطعه بر اساس تراکم تصادفات رخ داده
۱	۲	۵ تا ۳	۵
۲	۹	۱۱/۵ تا ۲/۵	۱۳
۳	۳	۱۰/۵ تا ۷/۵	۱۴
۴	۱	۱۵/۵ تا ۱۴/۵	۷
۵	۳	۲۱/۵ تا ۱۸/۵	۱۲
۶	۴	۲۴ تا ۲۰	۱۱
۷	۱	۲۳/۵ تا ۲۲/۵	۱
۸	۸	۳۲ تا ۲۴	۳
۹	۲	۳۱ تا ۲۹	۱۰
۱۰	۳	۳۶/۵ تا ۳۳/۵	۴
۱۱	۲	۵۳ تا ۵۱	۸
۱۲	۹	۵۹/۵ تا ۵۰/۵	۹
۱۳	۶	۵۹ تا ۵۳	۲
۱۴	۱	۵۶/۵ تا ۵۵/۵	۶

(۱۳) نوشته می شود:

پس از محاسبه اولویت بندی قطعات حادثه خیز، ضریب ناسازگاری کل^۱ ماتریس به صورت ۰/۰۱۲ می باشد و چون این مقدار کمتر از ۰/۱ می باشد، پس ارزیابی پرسشنامه خبره از طریق فرآیند سلسله مراتبی نرم افزار انتخاب کارشناسی (Expert choice) به درستی صورت گرفته و می توان به نتایج ارزیابی اعتماد کرد.

۵- اولویت بندی قطعات حادثه خیز: بنابراین با توجه به ماتریس اولویت بندی روش علت گرا، اولویت هر یک از قطعات مورد نظر پس از حذف پراکندگی ها به صورت زیر تعیین می شود:

$$S_2 > S_1 > S_6 > S_4 > S_5 > S_7 > S_{11} > S_{12} > S_3$$

مطابق با روش اولویت بندی علت گرا، قطعه S_2 در فاصله ۲/۵ تا ۱۱/۵ از محور کرمانشاه- اسلام آباد غرب در اولویت بیشتری به منظور اصلاح نقاط حادثه خیزی نسبت سایر قطعات قرار می گیرد و این در حالی است که قطعه S_3 که در فاصله ۷/۵ تا ۱۰/۵ کیلومتری از ابتدای مسیر است در کمترین اولویت برای اصلاح نقاط حادثه خیز قرار دارد. همچنین با بررسی و مقایسه این پژوهش با مطالعات گذشته می توان نتیجه گرفت که این پژوهش علاوه بر قطعه بندی دینامیکی قطعات حادثه خیز با طول های مشخص کوتاه و بلند جاده، توسط تئوری موجک این قابلیت را داراست تا قطعات حادثه خیز تر و

$$R = (r_{ij})_{12 \times 3} = \begin{bmatrix} S1 & 0.014 & 0.002 & 0.046 \\ S2 & 0.084 & 0.003 & 0.166 \\ S3 & 0.007 & 0 & 0.002 \\ S4 & 0.0039 & 0.0007 & 0.0154 \\ S5 & 0.0047 & 0.0007 & 0.0138 \\ S6 & 0.007 & 0.0023 & 0.019 \\ S7 & 0.0017 & 0.0002 & 0.011 \\ S8 & 0.0005 & 0 & 0.0007 \\ S9 & 0.0004 & 0 & 0.00005 \\ S10 & 0 & 0 & 0 \\ S11 & 0.003 & 0.0002 & 0.006 \\ S12 & 0.0007 & 0.00005 & 0.003 \end{bmatrix} \quad (13)$$

۴- تشکیل ماتریس اولویت بندی: در نهایت میزان حادثه خیزی هر قطعه نیز بر اساس ماتریس اولویت بندی مطابق رابطه (۱۴) مشخص می شود.

$$F = (f'_{ij})_{12 \times 1} = \begin{bmatrix} 0.301 \\ 0.118 \\ 0.0013 \\ 0.0097 \\ 0.0091 \\ 0.013 \\ 0.0067 \\ 0.0004 \\ 0.0002 \\ 0 \\ 0.0043 \\ 0.0019 \end{bmatrix} \quad (14)$$

1 Overall Inconsistency

دینامیکی توسط روش تئوری موجک، به منظور شناسایی دقیق تر قطعات حادثه خیز تر و بحرانی تر برای اختصاص منابع مالی و اصلاح آن ها از روش سلسله مراتبی استفاده می کند که می تواند به مهندسين جهت اصلاح سازی جاده ها در مواقعی که بودجه ها کم است کمک کند.

۶) و یکی از جنبه های کاربردی این پژوهش آن است که می توان آن را به عنوان مطالعه موردی برای راه های درون شهری به کار برد و برای مطالعات بیشتر در قطعه بندی قطعات حادثه خیز ترکیب توابع ریاضی با روش های هوش مصنوعی، روش های استدلال منطقی و روش های الگوریتم ماشین یادگیری پیشنهاد می شود.

مراجع

- [1] S. Alian, RGV. Baker, S. Wood, Rural casualty crashes on the Kings Highway: A new approach for road safety studies, *Accident Analysis and Prevention*, 95 (2016) 8-19.
- [2] V. Shankar, F. Mannering, W. Barfield, Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies. *Accident Analysis & Prevention*, 27 (3) (1995) 371-389.
- [3] C. Wang, M.A. Quddus, S.G. Ison, The effect of traffic and road characteristics on road safety: a review and future research direction, *Safety Science* 57 (0) (2013) 264-275.
- [4] Elvik, R., Christensen, P., Amundsen, A., Speed and road accidents: an evaluation of the power model, TØI report, 740 (2004).
- [5] M. Chattington, M. Wilson, D. Ashford, D. Marple-Horvat, Eye-steering coordination in natural driving, *Experimental brain research*, 180 (1) (2007) 1-14.
- [6] F.I, Kandil, A. Rotter, M. Lappe, Driving is smoother and more stable when using the tangent point, *Journal of vision*, 9 (1) (2009) 11-11.
- [7] A. Rouhi, M. Hassanzadeh Esfahani, Providing an optimal method for identifying and prioritizing incident points. The 14th International Conference on Transportation and Traffic, (2015), Tehran (in Persian).

بحرانی تر را که تحت تأثیر عوامل انسانی، جاده ای و محیطی قرار دارند و بر قطعه بندی و اولویت بندی اثر می گذارند، به خوبی توسط فرآیند سلسله مراتبی شناسایی و اولویت بندی شوند و همچنین بودجه ها و منابع مالی به درستی توسط کارشناسان برای قطعات حادثه خیز اختصاص یابد.

۵- نتیجه گیری

با توجه به اهمیت شناسایی و اولویت بندی قطعات حادثه خیز در تصادفات و ارائه روش های پیشنهاد شده نتایج حاصل از این پژوهش شامل موارد زیر می باشند:

۱) روش قطعه بندی پویا، یکی از ابزارهای مهم در قطعه بندی قطعات حادثه خیز است و استفاده از آن به جای قطعه بندی ثابت می تواند برای قطعه های با طول کوچک یا بزرگ باشد که احتمال حذف محدوده هایی از راه با تراکم تصادف بالا و عدم برداشت نتیجه مشخص از نحوه پراکندگی تصادفات، عدم قابلیت شناسایی قطعات در مقیاس های مختلف و عدم تطابق طول قطعه تصادف خیز با طول مشخص شده در قطعه بندی وجود دارد، کمک کند.

۲) در قطعه بندی پویا، روش پردازش سیگنال تبدیل موجک استفاده می شود.

۳) با توجه به این که دلایل و علل تصادفات ممکن است در فرآیند اولویت بندی اثر بگذارد، لذا استفاده از مدل اولویت بندی علت گرا می تواند این اثرات را در نظر بگیرد و قطعه ها را به ترتیب صعودی یا نزولی اولویت بندی کند.

۴) روش قطعه بندی پویا تئوری موجک به صورت مطالعه موردی در محور کرمانشاه - اسلام آباد غرب بطول ۶۰ کیلومتر با ۱۴ قطعه انجام شد و در نهایت با به کارگیری مدل علت گرا، اولویت بندی قطعات تصادف خیز و حذف پراکندگی ها، قطعات با شاخص های $S_2 > S_1 > S_6 > S_4 > S_5 > S_7 > S_{11} > S_{12} > S_3$ به ترتیب اولویت مشخص شدند و در نهایت قطعه S_2 که در فاصله ۲/۵ تا ۱۱/۵ کیلومتری از ابتدای محور کرمانشاه- اسلام آباد غرب قرار دارد در اولویت بیشتری نسبت به بقیه قطعات برای بهبود وضعیت ایمنی است. به این ترتیب قطعات حادثه خیز با روش های پیشنهادی شناسایی و اولویت بندی شدند.

۵) همچنین با مقایسه پژوهش حاضر نسبت به مطالعات گذشته، ثابت شد که این پژوهش پس از قطعه بندی و اولویت بندی

- [17] S. Promothas, K. Ksaibati, An Optimization Model for Improving Highway Safety, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 3(6) (2016) 549-558.
- [18] Q. Liu, E. Chung, L. Zhai, Fusing Moving Average Model and Stationary Wavelet Decomposition for Automatic Incident Detection: case study of Tokyo Expressway, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 1(6) (2014) 404-414.
- [19] G. Cheng, F. Zhu, S. Xiangn, Y. Wang, C. Pan, (2016). Accurate Urban Road Centerline Extraction from VHR Imagery via Multiscale Segmentation and Tensor Voting, *Neurocomputing*, 205(c) (2016)407-420.
- [20] A.M. Boroujerdian, M. Saffarzadeh, H. Yousefi, A model to Identify High Crash Road Segments with the Dynamic sSegmentation Method. *Accident Analysis & Prevention*, 73 (2014) 274-287.
- [21] T.A. Christian, An integrated approach for prioritising road projects for implementation using AHP, *Journal of International Business and Entrepreneurship Development*, 8(2) (2015) 128-143.
- [22] P.K. Agarwal, P.K Patil, R. Mehar, A Methodology for Ranking Road Safety Hazardous Locations Using Analytical Hierarchy Process, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG), 104(2) (2013) 1030-1037.
- [23] A. Rasafi, R. Alizadeh Ghang, H. Pourkhani, Road safety assessment of the north of the country using a multi-criteria decision-making method based on uncertainty, *The 15th International Transport and Traffic Conference*, (2011), Tehran (in Persian).
- [24] A. Amini, A Gholi, The presentation of safety index model based on road network ranking is influenced by effective factors in order to determine the correction potential, *The 15th International Conference on Transport and Traffic*, (2015), Tehran (in Persian).
- [25] M. Kazemi, A. Nohegar, M. Mirdadi, S. MortazaviI, Determining the Main Causes of Road Accidents of Touristd and Travelers by Using Geographical
- [8] Pawlovich, PIARC, Road safety manual, Southeast Michigan Council of Governments, (2007).
- [9] A. Boroujerdian, Providing road safety assessment model based on dynamic segmentation and causal priority, Doctoral dissertation, Tarbiat Modarres University, (2010) (in Persian).
- [10] Federal Highway Administration, Highway Safety Improvement Program, FHWA-TS-81-218, US Department of Transportation, Washington, DC, December, (1981).
- [11] A.M. Boroujerdian, M. Saffarzadeh, V. Abolhasannejad, Developing A Model for prioritising crash road segments, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers,Transport* 163 (2010) 19–28, (2010) (in Persian).
- [12] A. Kazemi, H. Zoghi, Identification and Prioritization of Accidental Points on the Off-Road Roads Providing Software “, in the 11th International Conference on Transport and Traffic, 2011, Tehran (in Persian).
- [13] A. firouzfar, Gh. Saghandli, N. Alavi, Study of Accident prone locations on Zanjan Province Roads, the 1thNational Conference of Accidents and Road and Railway, Zanjan University, (2009). https://www.civilica.com/Paper-NCRRAF01-NCRRAF01_114.html (in Persian).
- [14] M, Zakerzadeh, Y. Rezaei, Study of intercity occurred Accidents of Hamedan City and determining of Accident prone Intersection by Using of AHP and GIS, *International Conference on Human, Architecture, Civil Engineering and City*, Tabriz, Center for Strategic Studies in Architecture and Urban Planning, 2(5) (2015) 65-79 (in Persian)
- [15] L.R. Troche, Methodology to Identify Hazardous Locations for Highways in Puerto Rico, Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, ProQuest, (2007).
- [16] R. Luis, S. M., Luis, S. Yasmina, M. P. Oão, (2015). Detection of Road Accident Accumulation Zones with a Visual Analytics Approach, *Conference on enterprise Information Systems*, 64(2015) 969-976.

- 68 (2018).
- [28] H. Kashani, Wavelet Application in System Identification, A Student's Seminar: Amir Kabir University of Technology, (2004) 1-24, http://bme2.aut.ac.ir/~towhidkhah/SystemIdent/StudentSeminars/SystemIdent83/Kashani/Wavelet_Identification.pdf (in Persian).
- [29] H. Yousefi, Application of wavelet theory in solving linear vibrational equations, Master's Thesis, Faculty of Engineering, University of Tehran, (2004) (in Persian).
- [30] Transportation Ministry of Road and Transportation (TMRT), Procedures for recording crashes and identifying strike points, (2007) (in Persian).
- Information System and Multi Crition Decision-making Method, International Journal of modern management & foresight, 2(2) (2015) 82-93.
- [26] G. Behzadi, A. Rouhi, Identification of the Amol-Babylon Accident-Based Points Based on Accidents Data Report by Forensic Medicine. The 2nd International Conference on New Development Achievements in Civil Engineering, Architecture and Urban Management, (2016) (in Persian).
- [27] H. Shirmohammadi, A. Seyed Najib, and F. Hadadi, Identification of Road Critical Segments Using Wavelet Theory and Multi-Criteria Decision-Making Method, EUROPEAN TRANSPORT-TRASPORTI EUROPEI

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

H. Shirmohammadi, F. Hadadi, S. Samadi, Identification and Prioritization of Accident-prone Segments Based on Wavelet Theory and Cause-oriented Method, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 52(3) (2020) 613-628.

DOI: [10.22060/ceej.2018.14803.5743](https://doi.org/10.22060/ceej.2018.14803.5743)

