Journal of Health and Safety at Work 2022; 12(3): 595-616

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Applying the HEART Technique to Identify and Assess the Human Error in the Central Railway Traffic Control Room

Soleiman Ramezanifar[1], Ehsan Ramezanifar[2], Elahe Khadiv[1], Ali Salehi Sahlabadi[1*], Davoud Eskandari[1], Mahshid Namdari[3]

[1] Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2] Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[3] Department of Community Oral Health, School of Dentistry Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 2021-10-11 Accepted: 2022-5-22

ABSTRACT

Introduction: Human error can occur in many work environments, especially in control rooms. Due to the vital role of the central railway traffic control room in guiding and controlling all types of trains along the railway network, any error in this control room can lead to a catastrophic accident. This study aims to identify and assess human error in the central control room of railway traffic using the HEART technique.

Material and Methods: This descriptive cross-sectional study was performed in 2021. In this research, tasks and sub-tasks were identified using the hierarchical task analysis (HTA) method. Then, the probability of human error was assessed using the HEART technique.

Results: Based on the results of the HTA method, 67 main tasks, and 149 sub-tasks were identified. The study results on the probability of human error using the HEART technique showed that the three main tasks of the traffic expert (distribution of types of diesel, establishing the freight priority, and planning the movement of trains) had the highest probability of error. In addition, the most critical factors influencing human error were "evidence of illness among employees", "sleep disorder", "inexperience", "unfamiliarity", and "stress".

Conclusion: The results of this study indicated that the central railway traffic control room employees are prone to errors, and if these staff make errors, irreparable accidents will occur. To reduce the probability of error of these employees, measures should be considered, such as using regular and appropriate shifts, the use of skilled and competent people, and so on.

Keywords: *Human error, Human error assessment and reduction technique, Central railway traffic control room; Train scheduling*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Ramezanifar S, Ramezanifar E, Khadiv E, Salehi Sahlabadi A, Eskandari D, Namdari M. Applying the HEART Technique to Identify and Assess the Human Error in the Central Railway Traffic Control Room. J Health Saf Work. 2022; 12(3): 595-616.

1. INTRODUCTION

Despite many technological advances, the workforce is still considered a key factor in developing work projects. In today's workplaces, humans constantly exchange and process information and make decisions based on that information. Destructive consequences can be seen if people make errors in making decisions and performing their duties during the work process. Evidence shows that human error is the cause of many major industrial accidents, such as Chernobyl (1986), Bhopal (1984), and Three Mile Island (1979). In such cases, the final decision of the operators has been difficult due to the complexity of the system and the bombardment of information.

* Corresponding Author Email: *asalehi529@sbmu.ac.ir*

Copyright © 2022 The Authors.
Published by Tehran University of Medical Sciences

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

The railway industry is no exception to this rule due to human factors, and in recent years there have been incidents such as the collision of passenger trains in London (1988) and the explosion of the Neishabour train (2004). It should be noted that rail transportation is one of the most important means of public transportation and is always committed to meeting the needs of many passengers and moving large quantities of goods. Therefore, the occurrence of an accident in this industry, in addition to the serious financial and human damage that follows, can have a great impact on society and public opinion.

Throughout history, the railway industry has been affected by many accidents, and the role of human error in such accidents can be considered. Studies show that human error is the cause of more than three-quarters of fatal rail accidents. It is worth noting that human error is possible in many industries, including the railway industry. Therefore, investigating the causes of human error in such industries to prevent unwanted events is recommended.

Many researchers do probability estimation, assessment, and classification of human error factors through different techniques. Among these techniques, there is widespread interest in using the human error assessment and reduction technique (HEART) as an effective tool for estimating the human error probability (HEP) in many work environments. This technique is commonly used to quantify HEP due to its structured approach and rapid and easy application in many studies.

In the railway industry, one of the most critical areas in which human error can lead to accidents is the railway traffic control rooms. Among the railway traffic control rooms, the central railway traffic control room is of particular importance in human error due to the broader area of the controlled area and, consequently, the more fantastic range of work activities. The occurrence of human error by employees working in the central railway traffic control room can cause irreparable disasters at the national level. However, from the point of view of human error, this issue has received less attention. Therefore, the present study used the HEART technique to re-examine the tasks and conditions causing the error to identify and determine the probability of human error in each task among the central railway traffic control room staff.

2. MATERIAL AND METHODS

The present study is a descriptive cross-sectional study conducted to investigate the HEP of the central railway traffic control room staff, using the HEART technique for two months in 2021. In order to conduct the research, a brief explanation of the purpose of the study was given to the staff. These individuals were selected by sampling method, determining the sample size by the census, and entering the study. Then, the duties of each employee of the central railway traffic control room consist of the boss, deputy manager, supervisor, communication expert, ATC expert, line expert, signal expert, traffic expert, suburban train expert, passenger expert, traction expert, and wagon expert were analyzed by hierarchical task analysis (HTA), and by using the HEART method, the probability of human error for each task was quantified.

2.1 The process under study

Railway traffic control rooms are responsible for tasks such as overseeing the trains and other vehicles on railways, overseeing the reception and dispatch, crossing, overtaking, and other issues related to trains, planning and distributing wagons, and overseeing the unloading and loading of these wagons. These control rooms are constantly in touch with all relevant stations by telephone-grammes and other communication systems and exchange information. The central railway traffic control room is also one of these control rooms. In addition to the tasks mentioned above, the central railway traffic control room is also coordinating the railway traffic control chambers located in different parts of the country.

2.2 HEART technique

In this research, the HEART method was implemented for each of the job positions according to the following steps:

I. Performing HTA

To implement the HTA method, the tasks under analysis were identified for each job position and the purpose of the analysis of these tasks. The required information for each task was collected using data collection methods (observation, interview, and review of records). Then, the main tasks and sub-tasks were identified hierarchically using experts' opinions and consulting with them.

II. Choosing the generic task type (GTT) and general error probability (GEP)

After observing some job duties and interviewing each employee during the shift, GTT and GEP related to the main job positions were identified.

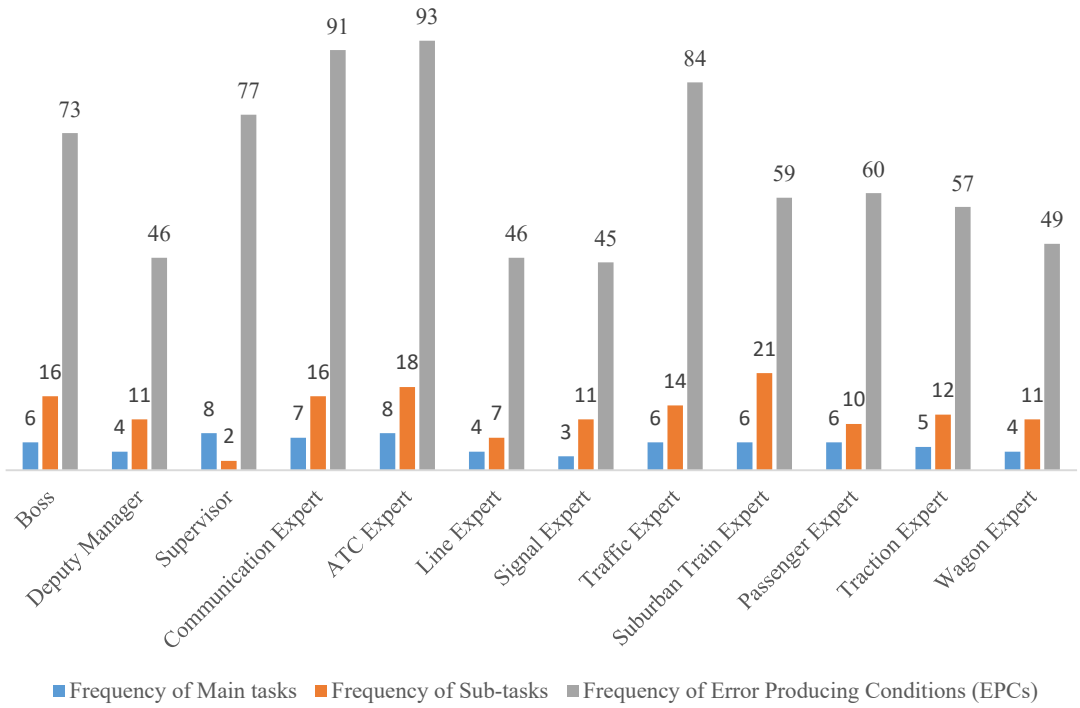


Fig. 1. Frequency of tasks, sub-tasks, and EPCs in each job position of the staff of the central railway traffic control room

III. Selecting the error-producing conditions (EPCs):

For this purpose, a table consisting of 38 items (EPCs) was presented to each of the people working in the job positions, and they were asked to determine the conditions that caused the error.

IV. Assessing the impact ratio of each EPC

At this stage, people with expertise in each of the various job positions were asked to express their opinion about the impact ratio of each EPC on the main tasks in the form of a number (0-1).

V. Calculating the assessed impact of EPC

Using Eq. (1), the evaluated impact of each EPC on each main task for different job positions was estimated.

The assessed impact of EPC = [(The coefficient of each EPCs-1) × (The impact ratio of each EPC)] + 1 Eq. (1)

VI. Calculating the HEP:

Using Eq. (2), HEP was calculated.

$$HEP = GEP \times \text{Impact ratio of } EPC_1 \times [\text{Impact ratio of } EPC_2 \times \ldots \times \text{Impact ratio of } EPC_n] \quad \text{Eq. (2)}$$

3. RESULTS AND DISCUSSION

Based on the HTA method, between 3 to 8 main tasks and 2 to 21 sub-tasks were determined for the job positions in the central railway traffic control room, which are depicted in Fig. 1. In addition, an example of an HTA for the job of a suburban train expert is shown in Fig. 2. Also, using the HEART method, the probability of human error for each of the main tasks was obtained (Table 1). Among the job positions, the highest HEP belonged to the duties of a traffic expert. Factors such as "provide information beyond capacity", "operator and design model mismatch", and "lack of mastery of work technology" have led to higher HEP for traffic experts than in other positions. For this purpose, more experienced and skilled people should be used in this job position than in other job positions. In addition to employing these people, standard tools appropriate to the anthropometric dimensions of employees should be used.

Also, among the 18 identified factors affecting human error, five factors, "evidence of disease among employees", "sleep disorders", "inexperience", "unfamiliarity", and "stress", significantly affect

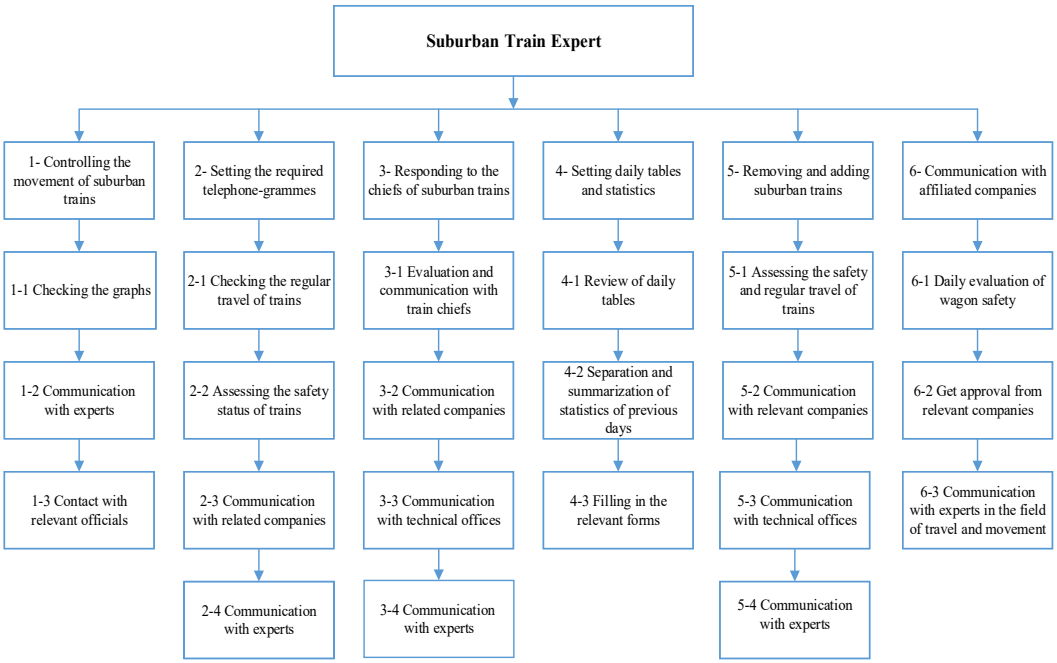


Fig. 2. Example of HTA (Occupation: Suburban Train Expert)

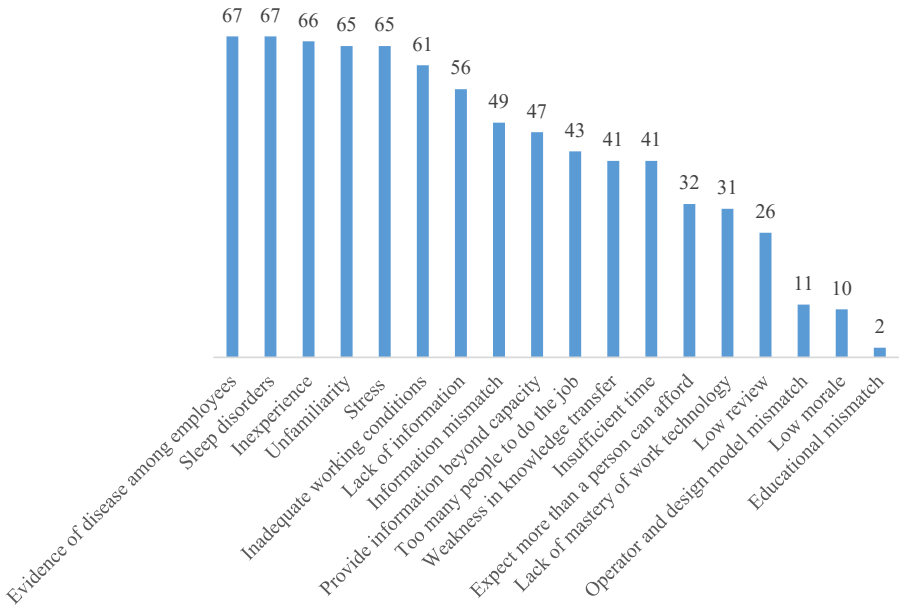


Fig. 3. Frequency of EPCs among the staff of the central railway traffic control room

Table 1. (Continued). Estimated HEP for each of the job positions

Job title	The main task	HEP	The main task	HEP
Boss	Checking daily loading and unloading of trains in the areas	0.647	Planning to allocate locomotives to areas	0.045
	Daily review of graphs	0.490	Workforce management under command	0.045
	Responding to and following up on line blockages	0.288	Doing the necessary correspondence	0.0063
Deputy manager	Coordination and follow-up to repair trains failures	0.051	Distribution of freight wagons	0.011
	Following up on the causes of accidents	0.028	Distribution of types of diesel in the network	0.007
Supervisor	Consulting with experts	0.129	Fleet distribution planning	0.009
	Establishing coordination between central control support units	0.043	Providing and supporting daily loading of trains	0.007
	Management of the affairs related to the movement of trains	0.031	Approving the programs communicated to the experts by the regions	0.003
	Supervising the proper execution of the work of experts	0.017	Accident handling	0.003
Communication Expert	Checking the Wireless radios	0.256	Checking the data lines	0.041
	Checking the communication lines	0.182	Following up the causes of accidents	0.036
	Investigating the causes of telephone failures	0.057	Following up on the causes of camera failures	0.018
	Tracking the diesel wireless breakdown			0.049
ATC Expert	Following up the reasons for moving without ATC Diesels with ATC	0.237	Tracking the parts fractions in depots	0.045
	Recording the daily reports	0.228	Changing the wrong ATC breakdown codes	0.041
	Tracking ATC network-level failures	0.215	Communication between ATC depots in areas	0.008
	Following up on ATC troubleshooting at the nearest depot	0.053	Advising drivers on troubleshooting ATC failures	0.004
Line Expert	Following up on blockades	0.751	Preparing the 24-hour report	0.224

Continued Table 1. (Continued). Estimated HEP for each of the job positions

Job title	The main task	HEP	The main task	HEP
Line Expert	Tracking the causes of line failure	0.446	Preparing the weekly report for an excellent graph	0.216
Signal Expert	Monitoring the reporting	0.484	Monitoring to stops related to the signal section	0.303
	Following up on reports from the areas			0.412
Traffic Expert	Distribution of types of diesel	1.360	Monitoring the movement of trains	0.954
	Establishing the freight priority	1.259	Establishing the coordination between areas	0.153
	Planning the movement of trains	1.101	Prompting notification to higher authorities	0.055
Suburban Expert	Setting the required telephone-grammes	0.461	Responding to the heads of suburban trains	0.150
	Controlling the movement of suburban trains	0.222	Communication with affiliated companies	0.118
	Setting the daily tables and statistics	0.192	Removing and adding suburban trains	0.044
Passenger Expert	Monitoring the movement of passenger trains	0.153	Continuous communication with district passenger groups	0.037
	Checking the statistics of daily passenger trains	0.125	Monitoring the correct execution of telephone-grammes	0.013
	Following up on the causes of breakdowns and problems of passenger trains	0.041	Continuous communication with train chiefs	0.009
Traction Expert	Informing the Director-General of Traction in the event of an accident	0.028	Tracking and informing the telephone-grammes	0.009
	Tracking the diesel failures	0.018	Pursuing the assignment of recall types of diesel	0.014
	Establishing the coordination between the General Directorate of Traction and the General Directorate of traffic			0.004
Wagon Expert	Investigating the causes of trains stops	0.622	Keeping track of ongoing cases	0.490
	Checking the graphs	0.519	Checking office automation	0.270

the performance of employees working in the central railway traffic control room (Fig. 3). ATC, communication, and traffic expert job positions were more influenced by the factors causing the error than other job positions. To reduce the impact of these factors, it is recommended to do activities like providing new and standard ergonomic equipment, using experienced and skilled operators, holding retraining courses, using regular and appropriate shift programs, toolbox meetings, and so on.

4. CONCLUSION

According to the study's findings, the central railway traffic control room staff are prone to errors. In order to provide better working conditions and reduce human error, it is recommended to pay attention to the socio-economic aspects of employees, such as the use of experienced and qualified personnel, the use of advanced and appropriate standard equipment for employees, and content retraining course.

5. ACKNOWLEDGMENT

The present article is part of the first author's master thesis with the code ethics IR.SBMU.PHNS.REC.1400.065. At the end of the work, the cooperation of the director-general of railways of the Islamic Republic of Iran, the Chairman of the central railway traffic control room, and the central railway traffic control room staff are sincerely appreciated.

بکارگیری تکنیک HEART برای شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی در اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن

سلیمان رمضانی‌فر[۱]، احسان رمضانی‌فر[۲]، الهه خدیو[۱]، علی صالحی سهل‌آبادی[۱*]، داود اسکندری[۱]، مهشید نامداری[۳]

[۱] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۲] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۳] گروه سلامت دهان و دندانپزشکی اجتماعی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۷/۱۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۱

چکیده

مقدمه: در بسیاری از محیط‌های شغلی، به ویژه اتاق‌های کنترل، امکان وقوع خطای انسانی وجود دارد. با توجه به نقش حیاتی اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن در هدایت و کنترل انواع قطارها در طول شبکه خطوط ریلی، رخداد هرگونه خطا در این اتاق کنترل می‌تواند منجر به وقوع حادثه فاجعه‌باری شود. لذا هدف از پژوهش حاضر شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی در اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن با استفاده از تکنیک HEART است.

روش کار: این مطالعه توصیفی-مقطعی در سال ۱۴۰۰ انجام شد. در این پژوهش با استفاده از روش HTA، وظایف و زیر وظایف شناسایی شدند. سپس با استفاده از تکنیک HEART احتمال خطای انسانی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته ها: بر اساس نتایج روش HTA، ۶۷ وظیفه اصلی و ۱۴۹ زیر وظیفه شناسایی گردید. نتایج بررسی احتمال خطای انسانی با استفاده از تکنیک HEART نشان داد که سه وظیفه اصلی سمت شغلی کارشناس سیر و حرکت (تقسیم دیزل‌ها، برقراری اولویت حمل بار و برنامه‌ریزی حرکت قطارها) بیشترین احتمال خطا را به خود اختصاص داده بودند. علاوه بر این، از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بروز خطای انسانی می‌توان به «شواهدی از وجود بیماری در بین کارکنان»، «اختلال خواب»، «بی‌تجربگی»، «ناآشنا بودن» و «استرس» اشاره کرد.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه بیانگر این امر است که کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه آهن مستعد بروز خطا هستند و در صورت بروز خطا توسط این کارکنان حوادث جبران ناپذیری به وقوع خواهد پیوست. به همین منظور می‌بایست در جهت کاهش احتمال خطای این کارکنان تدابیری از جمله بکارگیری برنامه‌های نوبت‌کاری منظم و مناسب، استفاده از افراد متبحر و با صلاحیت و غیره را در نظر گرفت.

کلمات کلیدی: *خطای انسانی، تکنیک ارزیابی و کاهش خطای انسانی، اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن، برنامه‌ریزی قطار*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *Asalehi529@sbmu.ac.ir*

مقدمه

با وجود پیشرفت‌های فراوان در تکنولوژی، هنوز نیروی انسانی به عنوان کلیدی‌ترین فاکتور در توسعه پروژه‌های کاری به حساب می‌آید (۱). امروزه در محیط‌های کاری، انسان‌ها دائماً در حال تبادل اطلاعات و پردازش آن‌ها هستند و بر اساس این اطلاعات اقدام به تصمیم‌گیری می‌کنند. چنانچه افراد در طول پروسه کاری در تصمیم‌گیری‌ها و اجرای وظایف خود دچار خطا شوند، پیامدهای مخربی را می‌توان رؤیت کرد (۱, ۲). شواهد نشان می‌دهد که خطای انسانی علت بروز بسیاری از حوادث بزرگ صنعتی همچون چرنوبیل (۱۹۸۶)، بوپال (۱۹۸۴) و تری مایل آیلند (۱۹۷۹) است. در این‌گونه از حوادث، تصمیم‌گیری نهایی اپراتورها به دلیل پیچیدگی سیستم و بمباران اطلاعات با مشکل روبرو بوده است (۳). صنایع ریلی نیز به علت فاکتورهای انسانی از این قاعده مستثنا نبوده و در سال‌های گذشته حوادثی از جمله برخورد قطارهای مسافربری شهر لندن (۱۹۸۸) و انفجار قطار نیشابور (۲۰۰۴) در آن رخ داده است (۶-۴). گفتنی است که حمل و نقل ریلی یکی از مهم‌ترین راه‌های حمل و نقل عمومی است و همیشه متعهد به برآورده ساختن نیاز تعداد زیادی مسافر و جابجایی مقادیر زیادی کالا است (۷)؛ بنابراین، وقوع حادثه در این صنعت علاوه بر خسارت مالی و انسانی بالایی که به دنبال دارد، می‌تواند تأثیر زیادی بر روی جامعه و افکار عمومی داشته باشد (۸).

در طول تاریخ صنایع ریلی تحت تأثیر حوادث زیادی بوده است که نقش خطاهای انسانی در بروز این‌گونه از حوادث قابل‌تأمل است(۹, ۱۰) . خطای انسانی نوعی از مشارکت غیرعمدی انسان است که در نتیجه عدم درک و شناخت مناسب از شرایط موجود در محیط‌های کاری ایجاد می‌شود(۱۱, ۱۲) . مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهد که خطای انسانی علت بیش از سه چهارم حوادث ریلی مرگبار است(۱۳, ۱۴) . شایان ذکر است که وقوع خطای انسانی در بسیاری از صنایع از جمله صنایع ریلی امکان پذیر است (۱۱)؛ بنابراین بررسی علل به وجود آورنده خطای انسانی در این‌گونه صنایع به منظور جلوگیری از وقایع ناخواسته، امری کاملاً توصیه شده می‌باشد.

برآورد احتمال، ارزیابی و دسته‌بندی عوامل به وجود آورنده خطای انسانی توسط بسیاری از محققین از طریق تکنیک‌های مختلفی صورت می‌گیرد(۱۵, ۱۶) . از جمله تکنیک‌های شناسایی و ارزیابی خطای انسانی می‌توان به تکنیک‌های SHERPA[1]، CREAM[2]، HEART[3]، TAFEI[4]، HEIST[5] و HET[6] اشاره نمود (۱۷). در این میان، علاقه گسترده به استفاده از تکنیک HEART به عنوان ابزاری کارآمد در جهت برآورد احتمال خطای انسانی (HEP[7]) در بسیاری از محیط‌های کاری وجود دارد (۱۸-۲۱). از این تکنیک معمولاً به منظور کمی‌سازی HEP با توجه به رویکرد ساختار یافته و همچنین کاربرد سریع و آسان آن در بسیاری از مطالعات استفاده می‌شود (۱۷).

در صنایع ریلی یکی از مهم‌ترین بخش‌هایی که وقوع خطاهای انسانی در آن‌ها می‌تواند منجر به وقوع حوادث ناگواری شود، اتاق‌های کنترل ترافیک راه‌آهن است. در میان اتاق‌های کنترل ترافیک راه‌آهن، اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن، با توجه به گستره بیشتر ناحیه تحت کنترل و متعاقباً دامنه بیشتر فعالیت‌های کاری از اهمیت ویژه‌تری در زمینه خطای انسانی برخوردار است. وقوع خطاهای انسانی توسط کارکنان شاغل در اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن می‌تواند فجایع جبران‌ناپذیری را در سطح ملی به وجود آورد. با این وجود، از نگاه خطای انسانی این امر کمتر مورد توجه و بررسی قرار گرفته است. لذا مطالعه حاضر با بکارگیری تکنیک HEART، به منظور بررسی مجدد وظایف و شرایط به وجود آورنده خطا، با هدف شناسایی و تعیین احتمال بروز خطای انسانی در هر وظیفه در بین کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن طراحی گردید.

1 Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach
2 The Cognitive Reliability and Error Analysis Method
3 Human Error Assessment and Reduction Technique
4 Task Analysis for Error Identification
5 Human Error Identification in Systems Tool
6 Human Error Template
7 Human Error Probability

روش کار

مطالعه حاضر یک پژوهش توصیفی-مقطعی است که با هدف بررسی HEP کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن، با استفاده از تکنیک HEART، به مدت دو ماه در سال ۱۴۰۰ صورت گرفت. تعداد نفرات شاغل در اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن ۵۰ نفر مرد بود. ۴۸ نفر به صورت نوبت‌کار (چهار نوبت ۶ ساعته) و ۲ نفر به صورت روز کار (رئیس اتاق کنترل و معاون آن) مشغول به انجام فعالیت بودند. به منظور انجام پژوهش، توضیح مختصری از هدف مطالعه به کارکنان داده شد. این افراد با استفاده از روش نمونه‌گیری و تعیین حجم نمونه به صورت سرشماری انتخاب و وارد مطالعه شدند.

در این پژوهش، ابتدا وظایف هر یک از کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن متشکل از رئیس اداره، معاون اداره، سرپرست کشیک، کارشناس ارتباط، کارشناس کنترل خودکار قطار (ATC[8])، کارشناس خط، کارشناس علائم، کارشناس سیر و حرکت، کارشناس قطارهای حومه‌ای، کارشناس مسافری، کارشناس نیروی کشش و کارشناس واگن‌ها با استفاده از روش آنالیز سلسله مراتبی وظیفه (HTA[9]) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

در گام بعد، با استفاده از تکنیک HEART، HEP کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن به صورت کمی محاسبه شد. تکنیک HEART، یک تکنیک ساختارمند است که به منظور شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۷). تمرکز عمده این تکنیک بر روی عواملی است که تأثیر ویژه‌ای بر روی عملکرد فرد می‌گذارند. با توجه به اینکه، تکنیک HEART دارای کاربردپذیری سریع و آسان است و همچنین قابلیت اجرا پذیری در بسیاری از حوزه‌ها را داراست (۲۲)، از این تکنیک برای بررسی HEP کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن استفاده گردید.

فرآیند مورد مطالعه

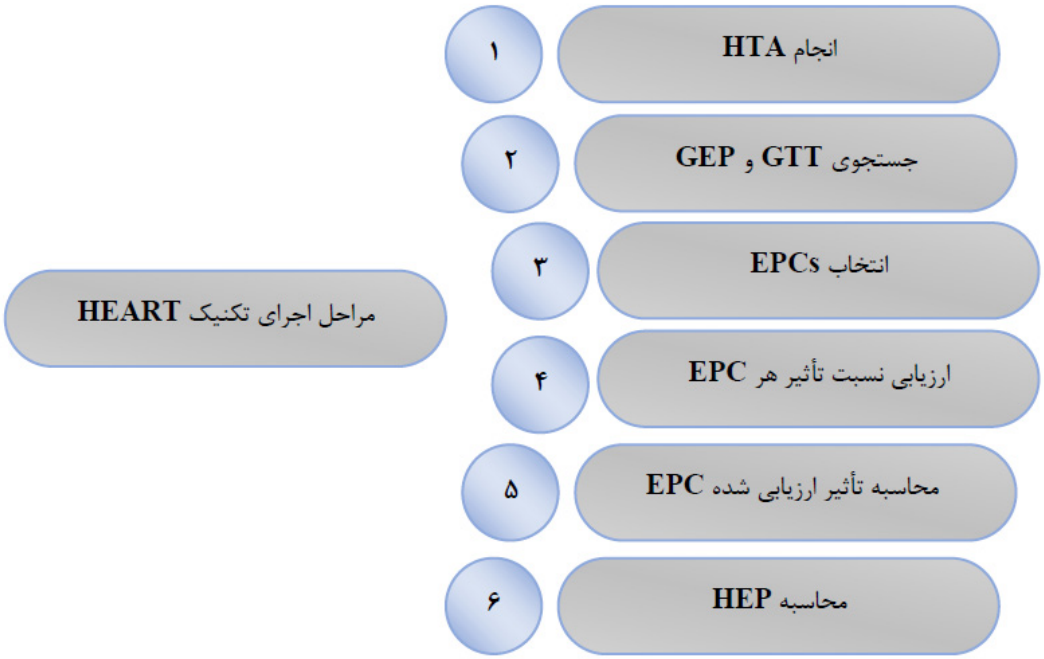
اتاق‌های کنترل ترافیک راه‌آهن وظایفی از قبیل مراقبت از سیر قطارها و سایر وسایل نقلیه در خطوط ریلی، انجام نظارت‌های لازم در امور قبول و اعزام، تلاقی، سبقت و سایر مسائل مرتبط با قطارها، برنامه‌ریزی و توزیع واگن‌ها و نظارت بر تخلیه و بارگیری این واگن‌ها را بر عهده دارند. این اتاق‌های کنترل به وسیله تلفن‌گرام‌ها و سایر سیستم‌های ارتباطی با کلیه ایستگاه‌های مربوطه به صورت دائم در ارتباط هستند و به تبادل اطلاعات می‌پردازند. این تبادل اطلاعات به صورت لحظه‌ای به منظور پیشبرد منظم و بهتر برنامه‌های چیده شده و همچنین استفاده بهینه از حداکثر توان موجود در خطوط ریلی صورت می‌گیرد. اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن نیز یکی از این اتاق‌های کنترل می‌باشد که علاوه بر وظایف ذکر شده، مسئولیت ایجاد هماهنگی بین اتاق‌های کنترل ترافیک راه‌آهن مستقر در نواحی مختلف کشور را نیز بر عهده دارد.

تکنیک HEART

تکنیک HEART که بر پایه قضاوت افراد متخصص بنا نهاده شده است، برای اولین بار در انگلستان در سال ۱۹۸۵ مطرح شده است (۲۳). این تکنیک، یکی از تکنیک‌های نسل اول است که در هر صنعتی که مؤلفه «قابلیت اطمینان انسان» حائز اهمیت است، کاربرد دارد (۲۴). با استفاده از این تکنیک، تحلیلگر می‌تواند خطای انسانی را به صورت کمی برای وظیفه شغلی مورد نظر آنالیز کند. در این پژوهش، روش HEART برای هر یک از سمت‌های شغلی، مطابق با مراحل زیر، گام به گام پیاده‌سازی و اجرا شد (شکل ۱).

۱. **انجام HTA**: به منظور پیاده‌سازی روش HTA، وظایف تحت آنالیز برای هر سمت شغلی و هدف از آنالیز این وظایف مشخص گردید. اطلاعات مورد نیاز در خصوص هر یک از این وظایف با استفاده از روش‌های جمع‌آوری داده (مشاهده، مصاحبه و بررسی سوابق و مدارک) گردآوری شد. سپس، وظایف اصلی و زیر وظایف تشکیل‌دهنده این وظایف به صورت سلسله مراتبی با استفاده از نظرات کارشناسان و مشورت با آن‌ها مشخص گردید.

8 Automatic Train Control
9 Hierarchical Task Analysis



شکل ۱. فرآیند اجرای تکنیک HEART

۲. انتخاب نوع وظیفه عمومی (GTT[10]) و احتمال خطای عمومی (GEP[11]): پس از مشاهده برخی از وظایف شغلی و مصاحبه با هر یک از کارکنان در طول نوبت‌کاری، GTT و GEP مرتبط با هر یک از وظایف اصلی سمت‌های شغلی مطابق با نظرات کارشناسان و با استفاده از جدول ۱ مشخص گردید.

۳. انتخاب شرایط به وجود آورنده خطا (EPCs[12]): به این منظور، جدولی متشکل از ۳۸ مؤلفه (EPCs) به هر یک از نفرات شاغل در سمت‌های شغلی ارائه گردید و از آن‌ها خواسته شد تا شرایطی را که سبب به وجود آمدن خطا می‌شوند را مشخص کنند. افراد شاغل در سمت‌های شغلی گوناگون نیز EPCs را برای سمت‌های شغلی خود مشخص کردند. در جدول ۲ برخی از این EPCs ارائه شده است.

۴. ارزیابی نسبت تأثیر هر EPC: در این مرحله، از نفرات دارای تخصص در هر یک از سمت‌های شغلی مختلف خواسته شد تا در خصوص نسبت تأثیر هر EPC در وظایف اصلی نظر خود را به صورت عدد بیان کنند. هر یک از نفرات با توجه به اطلاعات، دانش و میزان تجربه خود نسبت تأثیر هر EPC را بیان کردند و این نسبت‌ها در کاربرگی ثبت شد. نسبت تأثیر هر EPC عددی بین ۰ تا ۱ است. هرچقدر این عدد به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده تأثیرگذاری بیشتر EPC در وظیفه محوله به فرد می‌باشد.

۵. محاسبه تأثیر ارزیابی شده EPC: با استفاده از معادله ۱، تأثیر ارزیابی شده هر EPC در هر وظیفه اصلی برای سمت‌های شغلی مختلف برآورد شد. در همین راستا، به منظور برآورد تأثیر ارزیابی شده یک EPC، یک واحد از ضریب EPC مورد نظر کم و سپس این مقدار در نسبت تأثیر آن EPC ضرب می‌گردد. در مرحله بعدی نیز یک واحد به عدد حاصله اضافه می‌گردد تا مقدار تأثیر آن EPC به دست آید.

10 Generic Task Type
11 Generic Error Probability
12 Error Producing Conditions

جدول ۱. انتخاب نوع وظیفه عمومی (GTT) و احتمال مربوط به هر کدام (GEP)

گروه	گروه‌بندی فعالیت‌ها	GEP
A	کاملاً ناآشنا، شغل با سرعتی غیر واقعی بدون داشتن ایده‌ای از نتایج احتمالی اجرا می‌شود.	۰/۵۵
B	تغییر یا بازگشت سیستم به یک حالت جدید یا اولیه که به‌صورت فردی، بدون سرپرست یا دستورالعمل انجام می‌شود.	۰/۲۶
C	فعالیت پیچیده نیازمند سطح بالایی از شناخت و مهارت	۰/۱۶
D	شغل بسیار ساده که بسیار سریع یا با توجه کافی انجام می‌شود.	۰/۰۹
E	شغل روزمره، بسیار انجام‌شده، فعالیتی سریع شامل سطح پایین مهارتی	۰/۰۲
F	بازگشت یا تغییر سیستم به وضعیتی جدید یا اولیه طبق دستورالعمل با مقدار بررسی	۰/۰۰۳
G	کاملاً آشنا، طراحی خوب، مکرر انجام شده، کار روزمره که چندین بار در ساعت و در سطح بالایی از استانداردها با انگیزش بالا انجام می‌گیرد. آموزش مناسب و فرد تجربه بالایی دارد. کاملاً از نقص‌ها آگاه است. زمان برای ترمیم نقص‌ها دارد.	۰/۰۰۰۴
H	پاسخ درست به دستورات سیستم حتی زمانی که سرپرستی خودکار افزایش یافته است. سیستم تفسیری با دقت از مراحل خود فراهم می‌کند.	۰/۰۰۰۰۲
M	وظیفه متفرقه (گوناگون). برای زمانی که هیچ توصیفی درباره‌ی آن یافت نشود.	۰/۰۳

جدول ۲. برخی از شرایط به وجود آورنده خطا (EPCs)

ردیف	شرایط به وجود آورنده خطا	ضریب
۱	ناآشنا بودن	۱۷
۲	عدم تطابق رساندن اطلاعات	۸
۳	ارائه اطلاعات بیش از حد ظرفیت	۶
۴	ضعف در انتقال دانش	۵/۵
۵	بی‌تجربگی	۳
۶	کمبود اطلاعات	۳
۷	انتظار بیش از توانای فرد	۱/۶
۸	استرس	۱/۳
۹	شواهدی از وجود بیماری در بین کارکنان	۱/۲
۱۰	زیاد بودن افراد در انجام کار	۱/۰۳

۶. محاسبه HEP: با استفاده از معادله ۲، HEP محاسبه شد. مطابق با معادله ۲، HEP برای یک وظیفه اصلی از حاصل‌ضرب تمامی اثرات ارزیابی شده EPCs در GEP به دست می‌آید.

معادله ۱

$$\text{تأثیر ارزیابی شده } EPC = \left[\left(\text{نسبت اثر هر کدام از } (EPC_s)\right) \times \left(\text{ضریب هر کدام از } (EPC_s) - 1\right)\right] + 1$$

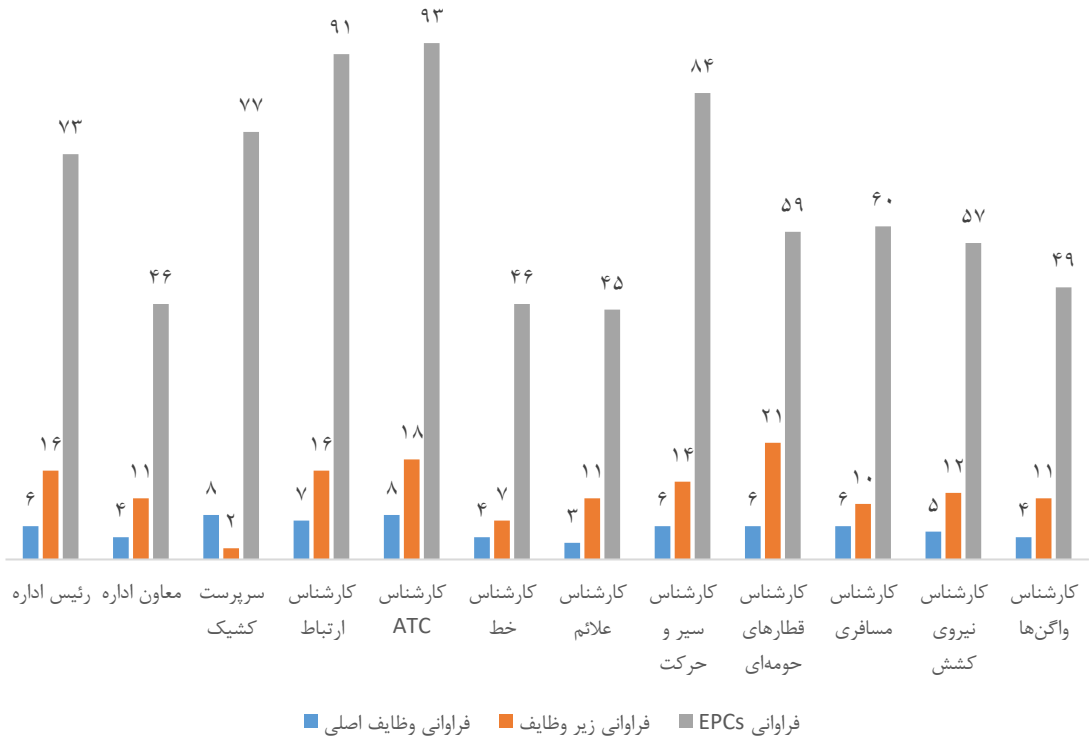
معادله ۲

$$HEP = GEP \times \text{تأثیر ارزیابی شده } EPC_1 \times \text{تأثیر ارزیابی شده } EPC_2 \times \ldots \times \text{تأثیر ارزیابی شده } EPC_n$$

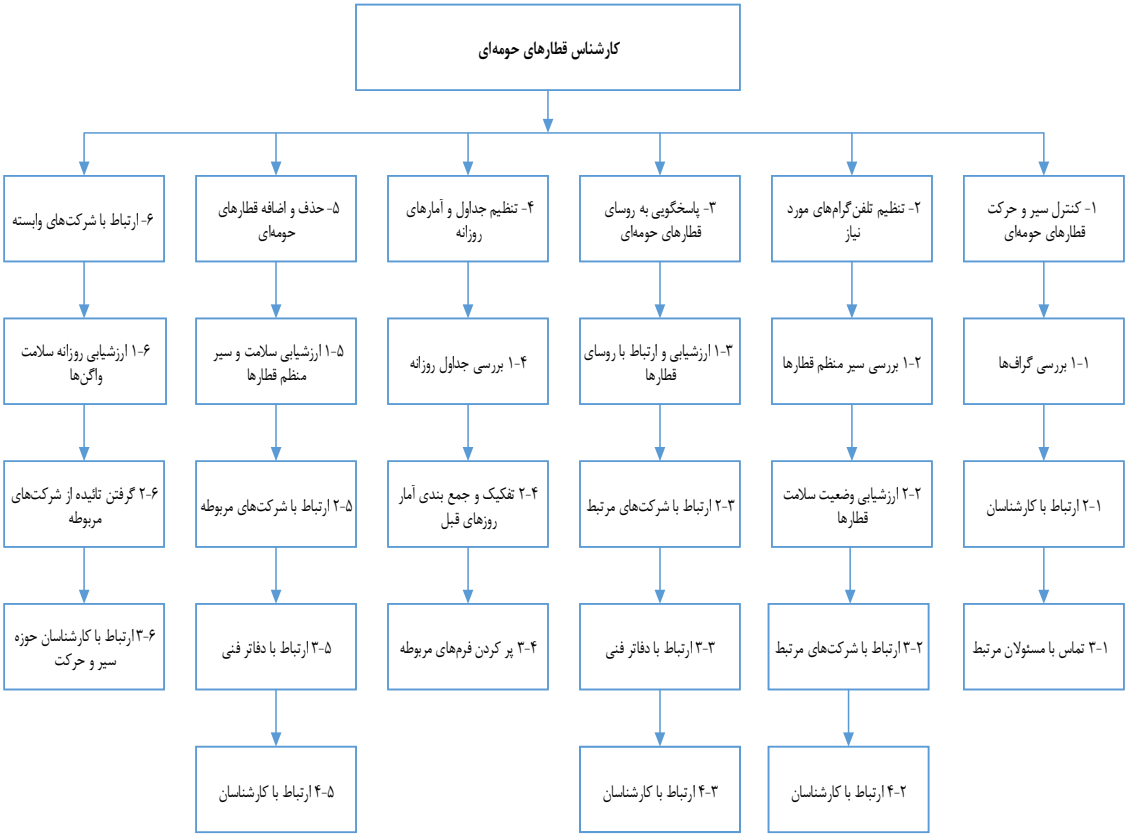
یافته ها

یافته‌های مرتبط با HTA

در این پژوهش با توجه به مشاهدات میدانی، آمار حوادث گذشته در حوزه حمل و نقل ریلی و مصاحبه با هر یک از کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن، روش HTA پیاده‌سازی شد و کلیه سمت‌های شغلی به وظایف اصلی و زیر وظایف تقسیم و تفکیک شدند. با استفاده از روش HTA، مشخص گردید که سمت‌های شغلی سرپرست کشیک، کارشناس ATC و کارشناس ارتباط به ترتیب با ۸، ۸ و ۷ وظیفه اصلی دارای بیشترین وظایف اصلی در سمت‌های شغلی خود بودند. علاوه بر این، سمت‌های شغلی کارشناس قطار حومه‌ای، کارشناس ATC و کارشناس ارتباط و رئیس اداره به ترتیب با ۲۱، ۱۸، ۱۶ و ۱۶ زیر وظایف دارای بیشترین زیر وظایف در سمت‌های شغلی خود بودند. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، بین ۳ الی ۸ وظیفه اصلی و ۲ الی ۲۱ زیر وظیفه برای سمت‌های شغلی موجود در اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن تعیین گردید که در شکل ۲ به تصویر کشیده شده است. در مجموع، ۶۷ وظیفه اصلی و ۱۴۹ زیر وظیفه برای ۱۲ سمت شغلی موجود در اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن شناسایی و مشخص گردید. علاوه بر این، یک نمونه از HTA برای سمت شغلی کارشناس قطارهای حومه‌ای ترسیم شده است (شکل ۳). در اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن کارشناسان قطارهای حومه‌ای وظیفه نظارت و ایجاد هماهنگی بین قطارهای حومه‌ای را به منظور بر عهده دارند. یک کارشناس قطار حومه‌ای با ارتباط با شرکت‌های وابسته و کارشناسان ذی‌ربط در نواحی کنترلی ترافیکی راه‌آهن در سراسر کشور سیر و حرکت قطارهای حومه‌ای را نظارت و کنترل می‌کند.



شکل ۲. فراوانی وظایف اصلی، زیر وظایف و EPCs در هر سمت شغلی



شکل ۳. نمونه‌ای از HTA (سمت شغلی: کارشناس قطارهای حومه‌ای)

یافته‌های مرتبط با تکنیک HEART

با استفاده از تکنیک HEART، HEP برای هر یک از وظایف اصلی در سمت‌های مختلف شغلی برآورد شد (جدول ۳). مطابق با این نتایج، وظایف شغلی تقسیم دیزل‌ها (کارشناس سیر و حرکت)، پیگیری مسدودی‌ها (کارشناس خط)، بررسی روزانه تخلیه و بارگیری قطارها در مناطق (رئیس اداره)، بررسی علل به وجود آورنده توقف قطارها (کارشناس واگن‌ها)، گزارش‌گیری مانیتورینگ (کارشناس علائم)، تنظیم تلفن‌گرام‌های مورد نیاز (کارشناس قطارهای حومه‌ای)، پیگیری دلایل سیر بدون ATCدیزل‌های دارای ATC (کارشناس ATC)، بررسی بی‌سیم‌های رادیویی (کارشناس ارتباط)، نظارت بر سیر قطارهای مسافری (کارشناس مسافری)، انجام مشاوره به کارشناسان (سرپرست کشیک)، هماهنگی و پیگیری جهت رفع خرابی قطارها (معاون اداره) و اطلاع‌رسانی به مدیرکل نیروی کشش در صورت بروز سانحه (کارشناس نیروی کشش) دارای بیشترین HEP در هر سمت شغلی بودند. همچنین، وظایف «تقسیم دیزل‌ها»، «برقراری اولویت حمل بار» و «برنامه‌ریزی حرکت قطارها» که متعلق به وظایف کارشناس سیر و حرکت بودند به ترتیب با ۱/۳۶۰، ۱/۲۵۹ و ۱/۱۰۱ دارای بیشترین HEP در میان تمامی وظایف اصلی مورد آنالیز بودند. در جدول ۴ نمونه‌ای از نحوه برآورد HEP برای یکی از وظایف اصلی کارشناس قطارهای حومه‌ای ترسیم شده است.

همچنین، در این پژوهش از میان سی و هشت EPCs ارائه شده مطابق جداول روش HEART، هجده EPCs توسط کارکنان خبره شناسایی شد. از میان این EPCs شناسایی شده پنج عامل «شواهدی از وجود بیماری در

جدول ۳. HEP برآورد شده برای هر یک از وظایف اصلی سمت‌های شغلی

سمت شغلی	وظیفه اصلی	HEP	وظیفه اصلی	HEP
رئیس اداره	بررسی روزانه تخلیه و بارگیری قطارها در مناطق	۰/۶۴۷	برنامه‌ریزی جهت اختصاص لوکوموتیوها به مناطق	۰/۰۴۵
	بررسی روزانه گراف مناطق	۰/۴۹۰	مدیریت نیروی انسانی تحت فرمان	۰/۰۴۵
	پاسخ‌گویی و پیگیری مسدودی‌های خط	۰/۲۸۸	انجام مکاتبات لازم	۰/۰۰۶۳
معاون اداره	هماهنگی و پیگیری جهت رفع خرابی قطارها	۰/۰۵۱	توزیع واگن‌های باری	۰/۰۱۱
	پیگیری علل وقوع حوادث	۰/۰۲۸	توزیع دیزل‌های موجود در شبکه	۰/۰۰۷
سرپرست کشیک	انجام مشاوره با کارشناسان	۰/۱۲۹	برنامه‌ریزی در جهت توزیع ناوگان	۰/۰۰۹
	ایجاد هماهنگی بین واحدهای پشتیبانی کنترل مرکزی	۰/۰۴۳	تهیه و پشتیبانی بارگیری روزانه قطارها	۰/۰۰۷
	مدیریت امور مرتبط با سیر و حرکت قطارها	۰/۰۳۱	تائید برنامه‌های ابلاغ‌شده کارشناسان به نواحی	۰/۰۰۳
	نظارت بر حسن اجرای کارهای کارشناسان	۰/۰۱۷	رسیدگی به وقوع حوادث	۰/۰۰۳
کارشناس ارتباط	بررسی بی‌سیم‌های رادیویی	۰/۲۵۶	بررسی خطوط دیتایی	۰/۰۴۱
	بررسی خطوط ارتباطی	۰/۱۸۲	پیگیری علل حوادث	۰/۰۳۶
	بررسی علل خرابی تلفنی	۰/۰۵۷	پیگیری علل خرابی دوربین‌ها	۰/۰۱۸
	پیگیری خرابی بی‌سیم دیزل			۰/۰۴۹
کارشناس ATC	پیگیری دلایل سیر بدون ATC دیزل‌های دارای ATC	۰/۲۳۷	پیگیری کسری‌های قطعات در دپوها	۰/۰۴۵
	ثبت گزارش‌های روزانه	۰/۲۲۸	تغییر کدهای اشتباه خرابی ATC	۰/۰۴۱
	پیگیری خرابی‌های ATC سطح شبکه	۰/۲۱۵	ارتباط بین دپوهای ATC در نواحی	۰/۰۰۸
	پیگیری رفع مشکلات ATC در نزدیک‌ترین دپو	۰/۰۵۳	مشاوره به راه برها در خصوص رفع خرابی ATC	۰/۰۰۴
کارشناس خط	پیگیری مسدودی‌ها	۰/۷۵۱	تهیه گزارش ۲۴ ساعته	۰/۲۲۴

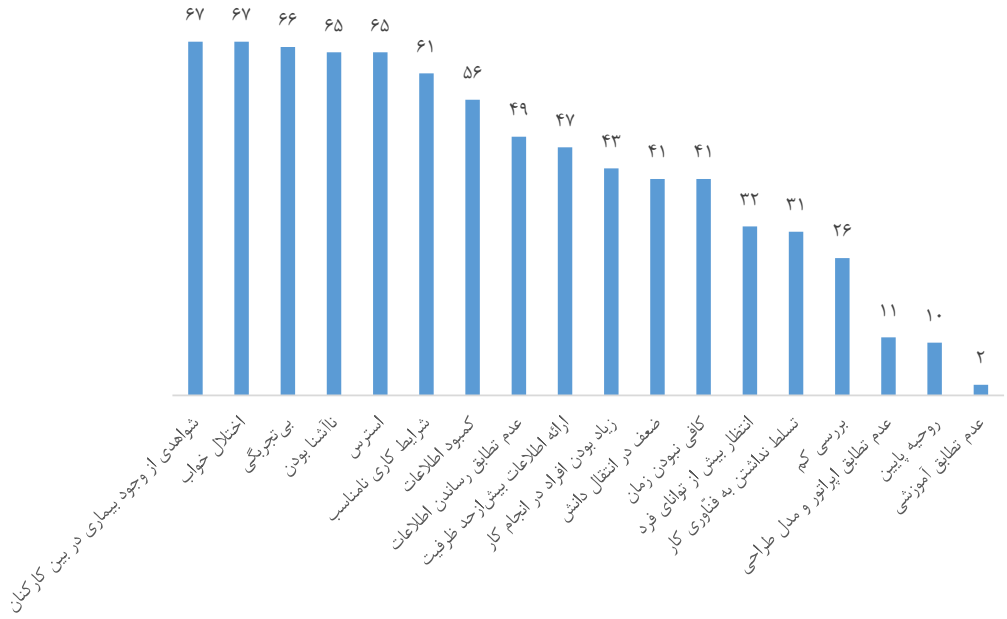
ادامه جدول ۳. HEP برآورد شده برای هر یک از وظایف اصلی سمت‌های شغلی

سمت شغلی	وظیفه اصلی	HEP	وظیفه اصلی	HEP
کارشناس خط	پیگیری علل خرابی خط	۰/۴۴۶	تهیه گزارش هفتگی جهت گراف عالی	۰/۲۱۶
کارشناس علائم	گزارش‌گیری مانیتورینگ	۰/۴۸۴	نظارت بر توقف‌های علائمی	۰/۳۰۳
	پیگیری گزارش‌های اعلامی از نواحی			۰/۴۱۲
کارشناس سیر و حرکت	تقسیم دیزل‌ها	۱/۳۶۰	نظارت بر سیر و حرکت قطارها	۰/۹۵۴
	برقراری اولویت حمل بار	۱/۲۵۹	ایجاد هماهنگی بین نواحی	۰/۱۵۳
	برنامه‌ریزی حرکت قطارها	۱/۱۰۱	اطلاع‌رسانی سریع مقامات بالاتر	۰/۰۵۵
کارشناس قطار حومه‌ای	تنظیم تلفن‌گرام‌های موردنیاز	۰/۴۶۱	پاسخ‌گویی به روسای قطارهای حومه‌ای	۰/۱۵۰
	کنترل سیر و حرکت قطارهای حومه‌ای	۰/۲۲۲	ارتباط با شرکت‌های وابسته	۰/۱۱۸
	تنظیم جداول و آمارهای روزانه	۰/۱۹۲	حذف و اضافه قطارهای حومه‌ای	۰/۰۴۴
کارشناس مسافری	نظارت بر سیر قطارهای مسافری	۰/۱۵۳	ارتباط مستمر با گروه‌های مسافربری نواحی	۰/۰۳۷
	بررسی آمار قطارهای مسافری روزانه	۰/۱۲۵	نظارت بر اجرای صحیح تلفن‌گرام‌های صادره	۰/۰۱۳
	پیگیری علل خرابی و مشکلات قطارهای مسافری	۰/۰۴۱	ارتباط مستمر با روسای قطارها	۰/۰۰۹
کارشناس نیروی کشش	اطلاع‌رسانی به مدیرکل نیروی کشش در صورت بروز سانحه	۰/۰۲۸	پیگیری و اطلاع‌رسانی تلفن‌گرام‌ها	۰/۰۰۹
	پیگیری خرابی دیزل‌ها	۰/۰۱۸	ایجاد هماهنگی بین اداره کل نیروی کشش و اداره کل سیر و حرکت	۰/۰۰۴
	پیگیری واگذاری دیزل‌های فراخوان			۰/۰۱۴
کارشناس واگن‌ها	بررسی علل به وجود آورنده توقف قطارها	۰/۶۲۲	پیگیری موارد ادامه‌دار	۰/۴۹۰
	بررسی گراف‌ها	۰/۵۱۹	بررسی اتوماسیون اداری	۰/۲۷۰

جدول ۴. HEP تخمین زده شده برای وظیفه کنترل سیر و حرکت قطارهای حومه‌ای (کارشناس قطارهای حومه‌ای)

نوع وظیفه شغلی	GEP	EPCs	ضریب EPCs	نسبت اثر ارزیابی شده	مقدار اثر ارزیابی شده	HEP
G	۰/۰۰۰۴	کد ۱	۱۷	۰/۱	۲/۶	۰/۲۲۲
		کد ۲	۱۱	۰/۱	۲	
		کد ۵	۸	۰/۴	۳/۸	
		کد ۸	۶	۰/۱	۱/۵	
		کد ۹	۶	۰/۲	۲	
		کد ۱۰	۵/۵	۰/۱	۱/۴۵	
		کد ۱۵	۳	۰/۵	۲	
		کد ۱۶	۳	۰/۶	۲/۲	
		کد ۲۹	۱/۳	۰/۵	۱/۱۵	
		کد ۳۰	۱/۲	۰/۴	۱/۰۸	
		کد ۳۱	۱/۲	۰/۲	۱/۰۴	
		کد ۳۳	۱/۱۵	۰/۵	۱/۰۷۵	
		کد ۳۵	۱/۱	۰/۶	۱/۰۶	

کد ۱: ناآشنا بودن، کد ۲: کافی نبودن زمان، کد ۵: عدم تطابق رساندن اطلاعات، کد ۸: ارائه اطلاعات بیش از حد ظرفیت، کد ۹: تسلط نداشتن به فنّاوری کار، کد ۱۰: ضعف در انتقال دانش، کد ۱۵: بی‌تجربگی، کد ۱۶: کمبود اطلاعات، کد ۲۹: استرس، کد ۳۰: شواهدی از وجود بیماری در بین کارکنان، کد ۳۱: روحیه پایین، کد ۳۳: شرایط کاری نامناسب، کد ۳۵: اختلال خواب.



شکل ۴. فراوانی انواع EPCs در بین کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن

بین کارکنان»، «اختلال خواب»، «بی‌تجربگی»، «ناآشنا بودن» و «استرس» به میزان زیادی بر روی عملکرد کارکنان شاغل در اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن تأثیرگذار بودند و زمینه را برای به وجود آمدن خطا فراهم می‌کردند. کارشناس ATC، کارشناس ارتباط و کارشناس سیر و حرکت از جمله سمت‌های شغلی بودند که بیشترین میزان تأثیرپذیری را از این EPCs دریافت می‌کردند. با این حال، سمت‌های شغلی کارشناس علائم، کارشناس خط و معاون اداره دارای کمترین میزان تأثیرپذیری از این EPCs بودند. در شکل ۴ فراوانی انواع EPCs در بین کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن به نمایش گذاشته شده است.

بحث

کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن به دلیل ماهیت کاری خود (نظارت، برنامه‌ریزی، ایجاد هماهنگی و پیگیری علل خرابی و مشکلات انواع قطارها در طول شبکه خطوط ریلی) مستلزم دریافت و پردازش حجم بالایی از اطلاعات در طول مدت زمان کاری خود هستند. این کارکنان تصمیمات نهایی در خصوص نحوه سیر و حرکت قطارها را در طول خطوط شبکه ریلی به عهده دارند و وقوع خطاهای انسانی در آن‌ها حوادث جبران ناپذیری را بر جای می‌گذارد؛ بنابراین، این پژوهش با هدف شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی در اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن با استفاده از تکنیک HEART صورت گرفت.

بر اساس نتایج حاصله با استفاده از روش HTA، در مجموع ۶۷ وظیفه اصلی و ۱۴۹ زیر وظیفه برای کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن شناسایی شد. همچنین با استفاده از تکنیک HEART، HEP برای ۶۷ وظیفه اصلی برآورد شد. در میان سمت‌های شغلی، بیشترین HEP متعلق به چهار وظیفه اصلی کارشناس سیر و حرکت (تقسیم دیزل‌ها، برقراری اولویت حمل بار، برنامه‌ریزی حرکت قطارها و نظارت بر سیر و حرکت قطارها) بود. عواملی همچون «ارائه اطلاعات بیش از حد ظرفیت»، «عدم تطابق اپراتور و مدل طراحی» و «تسلط نداشتن به فناوری کار» باعث شده تا HEP برای کارشناسان سیر و حرکت نسبت به سایر سمت‌های شغلی بالاتر باشد. در راستای کاهش HEP در این سمت شغلی، می‌بایست علاوه بر بکارگیری افراد باتجربه و ماهرتر نسبت به سایر سمت‌های شغلی، از ابزارهای استاندارد و متناسب با ابعاد آنتروپومتریک کارکنان نیز استفاده گردد. بعد از وظایف کارشناس سیر و حرکت، وظایف پیگیری مسدودی‌ها (کارشناس خط) و بررسی روزانه تخلیه و بارگیری قطارها در مناطق (رئیس اداره) دارای بیشترین HEP بودند. در این وظایف نیز عواملی همچون «عدم تطابق رساندن اطلاعات»، «عدم تطابق اپراتور و مدل طراحی» و «بی‌تجربگی» باعث افزایش HEP شده است؛ بنابراین، می‌بایست با بکارگیری افراد باتجربه و انجام اقداماتی از قبیل استفاده ابزار ارگونومیکی متناسب در جهت بهبود شرایط کاری، برگزاری دوره‌های بازآموزی در جهت افزایش آگاهی افراد و کاهش HEP و همچنین برگزاری جلسات قبل از شروع کار[13] فعالیت‌های مؤثری را انجام داد.

در سایر مطالعات صورت گرفته در اتاق‌های کنترل صنایع مختلف نیز از تکنیک HEART استفاده گردیده است و با بکارگیری این تکنیک، HEPs گوناگونی برای وظایف اصلی سمت‌های شغلی و عوامل مؤثر بر بروز این‌گونه خطاها به دست آمده است. در مطالعه بابایی پویا و همکاران (۲۰۱۷) که به منظور بررسی HEP با استفاده از تکنیک HEART در یک اتاق کنترل صنعت سیمان انجام شده بود، وظایف «نظارت و کنترل علائم هشداردهنده» توسط اپراتور و «ایجاد هماهنگی برای رفع مشکل» توسط سرپرست دارای بیشترین HEP بودند. عواملی همچون «روحیه پایین»، «خستگی»، «اختلالات خواب» و «بروز بیماری در حین کار» بر روی HEP این کارکنان تأثیرگذار بوده است (۲۵). در مطالعه دیگری نیز که توسط دهقانی و همکاران (۲۰۱۹) در یک اتاق کنترل صنعت پتروشیمی با استفاده از تکنیک‌های HEART و

13 Tool Box Meetings

(TRACEr[14]) صورت گرفت، وظایف «کنترل خروجی راکتور ۲۰۰۱»، «رقیق‌سازی T.E.A» و «کنترل سم کاتالیست» دارای بیشترین HEP بودند. «خستگی»، «تجربه کاری»، «سطح هوشیاری»، «پیچیدگی اطلاعات»، «استرس» و «بارکاری بالا» از جمله عواملی بودند که بیشترین تأثیرگذاری را بر روی HEP داشتند (۲۶). برخی از عوامل مؤثر در افزایش HEP کارکنان شاغل در اتاق‌های کنترل دو مطالعه ذکر شده همچون «تجربه کاری» و «استرس» با عوامل مؤثر بر HEP ذکر شده در مطالعه ما مشابه می‌باشند که نشان‌دهنده هم‌خوانی نتایج این مطالعات با مطالعه ما می‌باشد. در مطالعه حسیبوان و همکاران (۲۰۲۰) که در یک ایستگاه استریل کننده (ایستگاه جوش) متعلق به یک شرکت تولیدکننده روغن پالم صورت گرفت، بیشترین HEP با استفاده از تکنیک HEART برای اپراتورهای ایستگاه جوش متعلق به وظایف «تنظیم زمان جوش» و «تنظیم فشار بخار» بود (۲۷). علاوه بر این، در مطالعه ملابهرامی و همکاران (۲۰۲۱) که HEP را در کارکنان شبکه توزیع برق کم‌فشار (کم ولتاژ) مورد بررسی قرار داده بود، از میان پنج وظیفه شناسایی شده، وظیفه قطع جریان برق دارای بیشترین و وظیفه اخذ مجوز کار دارای کمترین HEP بود (۲۸). نتایج حاصل از این مطالعات بیانگر این امر است که تکنیک HEART توانسته به طور مؤثر به شناسایی و ارزیابی HEP در اتاق‌های کنترل صنایع مختلف بپردازد که این نتایج با نتایج حاصل از مطالعه ما هم‌خوانی دارد و تکنیک HEART در پژوهش ما نیز توانسته بازخوردهای مثبتی را به همراه داشته باشد.

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، ۱۸ عامل بر روی HEP کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن تأثیرگذار بودند. در میان این عوامل پنج عامل «شواهدی از وجود بیماری در بین کارکنان»، «اختلال خواب»، «بی‌تجربگی»، «ناآشنا بودن» و «استرس» از جمله شایع‌ترین دلایل بروز خطا بودند. سمت‌های شغلی کارشناس ATC، کارشناس ارتباط و کارشناس سیر و حرکت نسبت به سایر سمت‌های شغلی بیشتر تحت تأثیر عوامل به وجود آورنده خطا بودند. مطابق با یافته‌های پژوهش قلعه نوعی و همکاران (۲۰۰۹) که با استفاده از تکنیک HEART در اتاق کنترل یک پتروشیمی صورت گرفته بود، عواملی همچون «خستگی»، «تجربه کاری»، «سطح هوشیاری»، «استرس» و «بارکاری زیاد» بر بروز خطاهای انسانی در بین کارکنان شاغل در اتاق کنترل پتروشیمی تأثیرگذار هستند (۲۱). تعدادی از عوامل مؤثر در بروز خطای انسانی توسط کارکنان اتاق‌های کنترل این مطالعه نیز با عوامل ذکر شده در مطالعه ما تطابق دارد. همچنین، نتایج مطالعه دیگری که به بررسی HEP اپراتورهای جرثقیل سقفی با استفاده از تکنیک HEART پرداخته است، بیانگر این امر است که عوامل «عدم درک ریسک»، «شرایط روحی و جسمانی نامناسب» و «اختلال در چرخه طبیعی خواب» بر روی HEP اپراتورها تأثیرگذار هستند (۲۹). همچنین، در بسیاری از مشاغل دیگر از جمله مشاغل بیمارستانی خطای انسانی می‌تواند تحت تأثیر عوامل متعددی قرار بگیرد و پیامدهای فاجعه باری را به دنبال داشته باشد. در مطالعه‌ای که توسط هادی بیگی و همکاران با استفاده از تکنیک HEART در پرستاران شاغل در یک بیمارستان صورت گرفت، عوامل «تازه‌کار بودن و عدم تجربه»، «استرس بالا» و «ابزار کار غیرقابل‌اعتماد» بیشترین تأثیر را بر بروز خطای پرستاران داشته‌اند (۳۰). در میان کارکنان اتاق عمل نیز عواملی همچون «خستگی» و «سهل‌انگاری» به‌عنوان عوامل مؤثر بر بروز خطای انسانی مطرح شده‌اند (۳۱). بنابراین، به‌منظور کاهش تأثیرگذاری این عوامل می‌بایست با انجام اموری از قبیل فراهم کردن تجهیزات نوین و استاندارد، استفاده از نیروهای کاری باتجربه و ماهر، افزایش تعداد نیروها، برگزاری دوره‌های بازآموزی، تعبیه مکان مناسب جهت استراحت کارکنان، استفاده از برنامه‌های نوبت‌کاری منظم و مناسب، فراهم آوردن بستری جهت کاهش عوامل استرس‌زا از جمله عوامل اقتصادی-اجتماعی و بسیاری دیگر سعی بر کاهش تأثیرگذاری این عوامل بر روی کارکنان داشت.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، تکنیک HEART

14 Technique for the Retrospective and Predictive Analysis of Cognitive Errors

قابلیت کاربرد در اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن را دارد و می‌تواند در طبقه‌بندی وظایف از نظر بزرگی HEP در این مشاغل به طور موفق آمیزی عمل کند. این تکنیک در سایر صنایع از جمله صنعت طراحی پارچه و صنعت تولید برق نیز به‌طور موفق عمل کرده و قابلیت کاربردپذیری را دارد (۳۳، ۳۲). با این حال، این تکنیک بسیار به نظر متخصصین وابسته است و در هنگام ارزیابی امکان سوگیری وجود دارد (۲۳)؛ بنابراین، به محققین توصیه می‌گردد که در پژوهش‌های آتی این تکنیک را با سایر رویکردهای موجود از جمله رویکرد فازی ادغام کنند. علاوه بر این، به پژوهشگران داخل ایران توصیه می‌گردد تا پژوهش‌های بیشتری را در زمینه برآورد خطاهای انسانی در صنایع حساس از جمله صنایع حمل و نقل ریلی و هوایی انجام دهند. از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به دسترسی دشوار به اطلاعات در خصوص مستندات حوادث، نبود مکان مناسب و زمان کافی در خصوص مصاحبه و همکاری با کارکنان و همچنین تداخل زمان مصاحبه با زمان فعالیت کاری کارکنان اشاره داشت.

نتیجه گیری

بر اساس یافته‌های مطالعه، کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن مستعد بروز خطا هستند. این امر بیشتر در سمت‌های شغلی کارشناس سیر و حرکت، کارشناس خط و کارشناس واگن‌ها مشهود می‌باشد. عوامل مختلفی از جمله «شواهدی از وجود بیماری در بین کارکنان»، «اختلال خواب»، «بی‌تجربگی»، «ناآشنا بودن» و «استرس» سبب بروز خطا در بین این کارکنان می‌شوند. به منظور فراهم آوردن شرایط کاری بهینه‌تر و کاهش خطاهای انسانی مواردی از قبیل استفاده از نیروهای دارای تجربه و با صلاحیت، بکارگیری تجهیزات استاندارد پیشرفته و متناسب با کارکنان، برگزاری دوره‌های بازآموزی مطالب، توجه به جنبه‌های اقتصادی-اجتماعی کارکنان توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول با کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1400.065 می‌باشد. در پایان کار از همکاری مدیرکل محترم سیر و حرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران و همچنین رئیس اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن و کارکنان اتاق کنترل مرکزی ترافیک راه‌آهن صمیمانه قدردانی می‌شود.

REFERENCES

1. Nezamodini ZA, Orosi M, Mombeni B. Assessment of human errors in paper machines of pars paper industrial group by Predictive Human Error Analysis (PHEA). Jundishapur Journal of Health Sciences. 2012;4(4).
2. Zare A, Yazdani RS, Dehghani F, Omidi F, Mohammadfam I. Assessment and analysis of studies related human error in Iran: A systematic review. Journal of Health and Safety at work. 2017;7(3):267-78. [Persian]
3. Mahdinia M, Mohammadfam I, Mirzaei Aliabadi M, Aghaei H, Soltanian AR, Soltanzadeh A. The mediating effect of workers' situation awareness on the relationship between work-related factors and human error: a path analysis approach. Int J Occup Saf Ergon. 2021:1-9.
4. Singh S, Kumar R, Barabadi A, Kumar S, editors. Human error quantification of railway maintenance tasks of disc brake unit. In Proceedings of the world congress on engineering 2014.
5. Jahangiri K, Ghodsi H, Khodadadizadeh A, Nezhad SY. Pattern and nature of Neyshabur train explosion blast injuries. World J Emerg Surg. 2018;13(1):1-5.
6. Eftekhari A, Mirzaei S, Norouzinia R, Atighechian G. Investigating the factors affecting the collision of two passenger trains: a case study. Journal of Disaster and Emergency Research. 2020;1(2):59-66.
7. Atrkar Roshan S, Daneshvar S. Estimation of economic losses caused by fire in the Tehran Subway Line 1 stations (RS and LPS) using scenario planning technique. Journal of Environmental Science and Technology. 2017;19(4):335-46.
8. Lawton R, Ward NJ. A systems analysis of the Ladbroke Grove rail crash. Accid Anal Prev. 2005;37(2):235-44.

9. Kyriakidis M, Pak KT, Majumdar A. Railway accidents caused by human error: historic analysis of UK railways, 1945 to 2012. Transp Res Rec. 2015;2476(1):126-36.
10. Aher SB, Tiwari DR. Railway disasters in India: causes, effects and management. Int J Rev Res Soc Sci. 2018;6(2):125-32.
11. Sembiring N, Tambunan MM, Febriani M, editors. Human error analysis on production process of door products with SHERPA and HEART method. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2019.
12. Aliabadi MM. Human error analysis in furnace start-up operation using HEART under intuitionistic fuzzy environment. J Loss Prev Process Ind. 2021;69:104372.
13. Evans AW. Fatal train accidents on Europe's railways: 1980-2013. Accid Anal Prev 2014;43:391–401.
14. Evans AW. Fatal train accidents on Europe's railways: 1980–2009. Accid Anal Prev. 2011;43(1):391-401.
15. Shorrock ST, Kirwan B. Development and application of a human error identification tool for air traffic control. Appl Ergon. 2002; 33(4):319-36.
16. Aliabadi MM, Esmaeili R, Mohammadfam I, Ashrafi M. Application of a standardized plant analysis risk-human reliability method to pipeline inspection gauge operations. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2019;6(3):34-43. [Persian]
17. Stanton NA, Salmon PM, Rafferty LA, Walker GH, Baber C, Jenkins DP. Human factors methods: a practical guide for engineering and design: CRC Press; 2017.
18. Pouya AB, Habibi E. The comparative study of evaluating human error assessment and reduction technique and cognitive reliability and error analysis method techniques in the control room of the cement industry. Int J Environ Health Eng. 2015;4(1):14.
19. Kirwan B, Scannali S, Robinson L. A case study of a human reliability assessment for an existing nuclear power plant. Appl Ergon. 1996;27(5):289-302.
20. Ghasemi M, Saraji G, Zakerian A, Azhdari M. Control of human errors and comparison of risk levels after correction action with the SHERPA method in a control room of petrochemical industry. Iran Occupational Health. 2011;8(3). [Persian]
21. Ghalenoei M, Asilian H, Mortazavi S, Varmazyar S. Human erroranalysis among petrochemical plant control room operators with human errorassessment and reduction technique. Iran Occupational Health. 2009;6(2):38-50. [Persian]
22. Jafari B, Jazayeri SA. Identification and Evaluation of Human Error by Human Error Assessment and Reduction Technique Technique in Overhead Cranes Operators: A case study in a steel industy in Khuzestan. Occupational Hygiene and Health Promotion Journal. 2020;4(1):58-69.
23. Mirzaei Aliabadi M, Mohammadfam I, Salimi K. Identification and evaluation of maintenance error in catalyst replacement using the HEART technique under a fuzzy environment. Int J Occup Saf Ergon. 2021:1-13.
24. Majewicz PJ, Blessner P, Olson B, Blackburn T. Estimating the Probability of Human Error by Incorporating Component Failure Data from User-Induced Defects in the Development of Complex Electrical Systems. Risk Analysis. 2020;40(1):200-14.
25. Pouya AB, Hazrati S, Vosoughi M, Mosavianasl Z, Habibi E. Evaluation human error in control room. Pakistan J Medical Health Sci. 2017;11(4):1596-600.
26. Dehghani T, Mahdavi S, Fardosrad N, Rashidi R, Almasian M, Zaroushani V, et al. Evaluating Human Errors using HEART and TRACEr Methods: Case Study at a Petrochemical Plant. International journal of occupational hygiene. 2019;11(4):247-58.
27. Hasibuan CF, Daeng PY, Hasibuan RR, editors. Human Reliability Assessment Analysis with Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) Method on Sterilizer Station at XYZ Company. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2020: IOP Publishing.
28. Molabahrami F, Najafi K, Aghaei H, Mirzaei M. Identification and Evaluation of Human Errors in Low Voltage Distribution Systems Using Fuzzy-HEART Technique. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2021;8(3):40-9. [Persian]
29. Nezamodini ZA, Jafari B, Jazayeri SA. Identification and Evaluation of Human Error by Human Error Assessment and Reduction Technique Technique in Overhead Cranes Operators: A case study in a steel industy in Khuzestan. Occupational Hygiene and Health Promotion Journal. 2020.
30. Mirzabeigi H, Halvani G, Zare S, Anooshe V, Jambarsang S, Soltani Rafsanjani NA. Evaluating and managing the probability of medical errors in nursing personnel using the HEART method. Occupational Medicine Quarterly

Journal. 2019;11(2):67-78.

31. Asgari M, Halvani G, Mehrparvar A, Fallah H, Zarinkafsh M. HEART assessment of human error by the hospital operating rooms staff Imam Hussein (AS) and provide solutions Golpayegan city prioritized. Occupational Medicine. 2019.
32. Wahyuni D, Sinaga LT, Budiman I, editors. Human error assessment in batik enterprises located in North Sumatera using HEART method. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2020: IOP Publishing.
33. Stojiljkovic E, Bijelic B, Cvetkovic M. Application of HEART technique for human reliability assessment–a Serbian experience. Facta Universitatis. Series: Working and Living Environmental Protection. 2018:187-96.