

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Producing and Introducing a Computer Software for Evaluating Performance of Permit to Work System in the Process Industries

Seyed Mahdi Mousavi^{1*}, Ali Karimi^{1*}, Seyed Abolfazl Zakeriyan¹, Mehrdad Mehravar²

¹ Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Department of Health Information Management and Medical Informatics, Faculty of Paramedical Sciences, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 2020-1-15

Accepted: 2021-1-31

ABSTRACT

Introduction: Permit-to-work system (PTW) system is a documented system to control the activities with inherent risks and probability of accident occurrence. To inform the performance and efficiency of a system, it must be periodically monitored and evaluated, and the permit to work system is no exception of this principle. The aim of the present study was to design and develop software for evaluating the performance of the PTW system.

Material and Methods: This study included two main stages. At the first stage, based on the literature review and interview to the academic and industrial experts, the PTW questionnaire for evaluating the performance was created. The second stage involved the design and implementation of an initial version of a software and the investigation of its usability. Designing the software was performed using system development life cycle (SDLC). The usability of this software was evaluated by Think-Aloud method. Finally, the users' satisfaction was measured using the Questionnaire for User Interface Satisfaction (QUIS) questionnaire.

Results: Based on the results of the QUIS questionnaire, the overall satisfaction of the designed software was 7.71 in a nine-point scale. The scores of the software performance, display and user interface features, software terminology and information, learning, and overall system capabilities were obtained as 7.58, 7.37, 7.75, 8.11, and 7.74, respectively. Also, the outputs of the excel and SPSS software were in accordance with those of designed software, which show the reliability of the outputs of the designed software.

Conclusion: The designed software facilitate the proper and systematic analysis and it is flexible to evaluate the PTW system and represent types of reports in predefined structures that can be a useful tool in the process industries such as oil and petrochemical refineries and other similar industries.

Keywords: Permit to work system, performance evaluation, software, Process industries

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Mousavi SM, Karimi A, Zakeriyan SA, Mehravar M. Producing and Introducing a Computer Software for Evaluating Performance of Permit to Work System in the Process Industries, J Health Saf Work. 2022; 12(1): 82-98.

1. INTRODUCTION

Permit-to-work (PTW) system is a set of components for providing a safe environment to prevent accidents during work. In process industries, some works such as hot, cold, electrical works require the PTW. Given that the multiple tasks are performed during a work shift, the number of issued work permits in these industries may increase. So, there is a need for coordinating the components of the PTW system. In order to determine performance and efficiency of a system,

* Corresponding Author Email: a_karimi@sina.tums.ac.ir

it should be periodically monitored and evaluated. PTW system is no exception of this rule (4). Hence, the use of computer software, as a control solution, can be useful. This study was aimed to develop suitable computer software for evaluating the performance and identifying the strengths and weaknesses of PTW system in an oil refinery.

2. MATERIAL AND METHODS

This research consisted of two main stages. At the first stage, based on the literature review and interviews with academic and industrial experts,

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.

a questionnaire was designed for evaluating the performance of PTW system. Its reliability and validity were investigated using Lawshe method and Cronbach's alpha test, respectively. This questionnaire included 50 questions.

The evaluators of PTW were asked to determine the degree of compliance of each question with the instructions and procedures for issuing PTW using a five-point Likert scale. The second stage of the study was related to the software design and development. The software development was performed based on the SDLC model, which is a structural approach. The different stages for the implementation of this model are shown in Figure 1. The academic and industrial experts were asked

to comment on the expected capabilities of the software using a questionnaire. At the next stage, the initial design of the software was carried out using method of subjective ideation, technique of brainstorming ideas and opinions of researcher's team and experts on how to implement and operate the software. In order to integrate thoughts and ideas, the initial version of the software was coded using C # programming language in the Microsoft Visual Studio. SQL server software was also used to create the database.

At the next stage, in order to evaluate usability and identify problems related to the design and user interface of the initial version of the software, three university professors and seven industrial experts

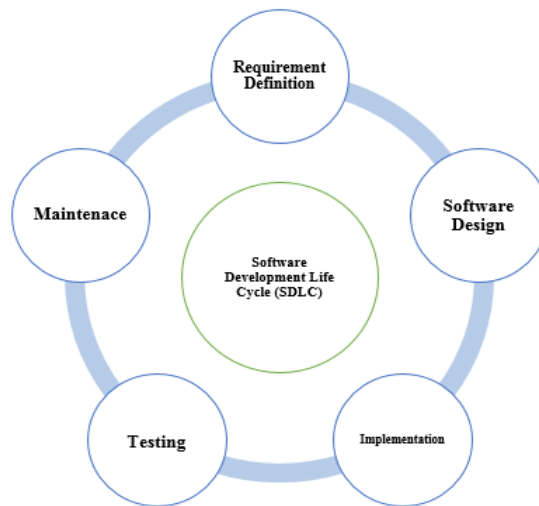


Fig. 1. Phases and Model of Software Development Life Cycle

Organization Management	
Create Evaluation	
Evaluation Status	
Evaluation report	
Report of units	
Report of users	
Help contents	
About application	
Change user	

Fig. 2. Main Menu of the developed software

Table 1. Results of evaluating the software applicability for investigating performance of work permit system based on Questionnaire of User Interaction Satisfaction (QUIS)

What is your general opinion about the function of the software?		Mean	SD
Software function	General function of the software	8	0.48
	The difficulty of working with software	7.5	1.05
	How you feel when using the software	7	0.85
	General software design	8	0.98
	Continuous work with software	7	0.98
	Software adjustment capabilities	8	1.28
Average total score obtained from the software function		7.58	
display	The readability of the letters on the screen	6.5	1.03
	Easy performance of tasks using specific phrases	8	0.60
	Organizing information	7.5	0.93
	Sequence of screens	7.5	1.05
Average total score obtained from the display		7.37	
Terms and information of software	Using terms in the software	8	1.06
	A set of corrections related to working with software	8.5	0.47
	Place messages on the screen	8	8.33
	Message to record essential data	7	1.66
	Software message regarding the completion of tasks	8	1.58
	Software error message	7	1.37
Average score obtained from software terms and information		7.75	
learning capabilities	Learn to work with software	8	1.49
	Discover software features by trial and error	8.2	0.81
	Preserving names and using capabilities	7.28	1.26
	Performing tasks quickly and easily	8.4	1.14
	Help messages in the software	8.2	1.16
	Guide to using the software	8.6	0.46
Average score obtained from the learning capabilities		8.11	
General capabilities of the software	Software speed	8.2	1.11
	Software availability	7.5	1.60
	Number of software capabilities	8.1	1.08
	Correction of user errors	7.8	1.64
	Design suitable for different users	7.1	2.27
Average score obtained from the general capabilities of the software		7.74	

were selected by convenience sampling method to use and evaluate the software experimentally. Software was investigated using think aloud method. This method was introduced by Lewis and was one of the most widely used methods for evaluating the performance of software. For implementing the method, users were asked to evaluate the performance of PTW system using the software during 15 days and verbally express their opinions on the software. The collected feedbacks were useful for determining the users' problems and adjusting the software. In the next step, users' comments and feedbacks were applied for designing the final version of the software. QUIS was used to measure usability and user-friendliness of the final version of the designed software.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The designed software had an access level for

system administrator and an access level for user. The administrator is able to define and specify the number of software users. After registration and approval by the administrator, the active users will be identified by the software. The user will enter into the dedicated page using a defined code and complete the electronic version of PTW system performance evaluation questionnaire based on the determined accesses maintenance. After one or several evaluations of PTW system performance, the system administrator can observe the results of the analysis related to the organization, unit and evaluator. Based on the results of QUIS, the overall score of the user satisfaction from the designed software was equal to 7.71. The scores of software performance were equal to 7.58 for display and user interface, 7.75 for software terms and information, 8.11 for software learning, and 7.74 for general software capabilities, respectively. Table 1 shows the questions related to QUIS and the average

score obtained for the designed software based on users' opinions.

So far, no software has been designed and developed to evaluate performance of PTW system. So, the designed software cannot be compared with similar examples in terms of design and performance. The experiences obtained from this study showed that the recognition and comprehension of the given workflow and model for designing and exploiting software used in the field of occupational health and safety, such as software designed in this study, are very important.

4. CONCLUSIONS

The software introduced in this study provides a systematic, accurate, and flexible analysis of

performance of PTW system in the process industries. This software with making a variety of reports in predefined structures according to the needs of users and as well as Persian language support provides the easy, fast, and multi-purpose usability, and facilitates the process of the performance monitoring of PTW system. The software using a powerful graphical interface can be used as a suitable tool to evaluate the performance of PTW system in process industries such as oil and gas refineries, petrochemicals and other similar industries.

5. ACKNOWLEDGMENT

The study was founded by Tehran University of Medical Sciences (TUMS).

ساخت و معرفی یک نرم‌افزار کامپیوتری جهت ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار در صنایع فرآیندی

سیدمهدی موسوی^۱، علی کریمی^{۱*}، سید ابوالفضل ذاکریان^۱، مهرداد مهر آور^۲

^۱ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
^۲ گروه مدیریت اطلاعات سلامت و انفورماتیک پزشکی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۲

چکیده

مقدمه: سیستم صدور مجوز کار یک سیستم مستند برای کنترل فعالیت‌هایی می‌باشد که دارای خطرات ذاتی بوده و امکان بروز حوادث را دارند. به‌منظور اطلاع از نحوه عملکرد و کارایی هر سیستمی باید آن سیستم به‌طور دوره‌ای مورد پایش و ارزیابی قرار گیرد و سیستم مجوز کار نیز از این قاعده مستثنا نمی‌باشد. هدف مطالعه حاضر ساخت و معرفی یک نرم‌افزار کامپیوتری به‌منظور ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار می‌باشد.

روش کار: این پژوهش شامل دو مرحله اصلی بود. در مرحله اول، بر اساس بررسی متون و مصاحبه با خبرگان دانشگاهی و صنعتی، پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار طراحی و اعتبار سنجی گردید. مرحله دوم پژوهش مربوط به طراحی و پیاده‌سازی نسخه اولیه نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار و ارزیابی قابلیت استفاده آن بود. طراحی مطابق با مدل چرخه حیات توسعه نرم‌افزار (SDLC) انجام شد. با استفاده از روش فکر بلند، قابلیت استفاده نسخه اولیه نرم‌افزار ارزیابی و نسخه نهایی نرم‌افزار طراحی و در نهایت با استفاده از پرسش‌نامه (Questionnaire for User Interface Satisfaction (QUIS Cycle). میزان رضایت کاربران از نرم‌افزار سنجیده شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از پرسشنامه میزان رضایت کاربران، امتیاز مربوط به میزان رضایتمندی کلی کاربران از نرم‌افزار طراحی شده، ۷/۷۱ از ۹ امتیاز ممکن بود. امتیازات به‌دست‌آمده به ترتیب ۷/۵۸ برای کارکرد نرم‌افزار، ۷/۳۷ برای ویژگی‌های صفحه‌نمایش و رابط کاربری، ۷/۷۵ برای اصطلاحات و اطلاعات نرم‌افزار، ۸/۱۱ برای یادگیری و ۷/۷۴ برای قابلیت‌های کلی سیستم بود. همچنین خروجی یافته‌های نرم‌افزارهای اکسل و SPSS با خروجی نرم‌افزار طراحی شده مطابقت داشت که نشان‌دهنده قابلیت اطمینان خروجی نرم‌افزار بود.

نتیجه‌گیری: نرم‌افزاری که در این مطالعه ساخته و معرفی گردید. با تسهیل در فرآیند ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار از طریق انجام تجزیه و تحلیل‌های نظام‌مند دقیق و صحیح و درعین حال انعطاف‌پذیر و همچنین ارائه انواع گزارش در ساختارهای از پیش تعریف‌شده، می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مناسب جهت ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار در صنایع فرآیندی مانند پالایشگاه‌های نفت و پتروشیمی و سایر صنایع مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: سیستم مجوز کار، ارزیابی عملکرد، نرم‌افزار، صنایع فرآیندی

نحوه استناد به این مقاله

موسوی سیدمهدی، کریمی علی، ذاکریان سید ابوالفضل، مهر آور مهرداد. ساخت و معرفی یک نرم‌افزار کامپیوتری جهت ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار در صنایع فرآیندی. فصلنامه بهداشت و ایمنی کار. ۱۴۰۱؛ ۱۲ (۱): ۸۲-۹۸.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: a_karimi@sina.tums.ac.ir

مقدمه

که دارای خطرات بالقوه می‌باشند و امکان بروز حوادث را دارند. به عبارت دیگر سیستم مجوز کار مجموعه‌ای از اجزا است، که هدف اصلی آن فراهم نمودن یک محیط ایمن، به منظور پیشگیری از بروز حوادث در حین انجام کار می‌باشد (۱۱-۱۳). به منظور اطلاع از نحوه عملکرد و کارایی هر سیستمی، آن سیستم باید مورد پایش و بازنگری قرار گیرد و سیستم مجوز کار نیز از این قاعده مستثنا نمی‌باشد. در حال حاضر به منظور پایش سیستم مجوز کار در صنایع فرآیندی از چک‌لیست‌های ممیزی توصیه شده توسط سازمان‌هایی مانند HSE-UK و SHELL استفاده می‌شود که به صورت مشاهده‌ای و مبتنی بر قلم و کاغذ می‌باشند، که به صورت تصادفی توسط تیم ممیزی تکمیل می‌شوند (۱۴). قهرمانی در مطالعه خود به ممیزی سیستم صدور مجوز کار در یک شرکت بهره‌بردار نفت و گاز پرداخت. وی عدم شناسایی خطرات و انجام نشدن ارزیابی ریسک، کافی نبودن آموزش و صلاحیت افراد، همچنین نبود هماهنگی بین افراد را به عنوان مهم‌ترین علل نقص و عدم انطباق در سیستم مجوز کار عنوان کرد (۱۵). کاماریزان (camarizan) اطلاعات مربوط به حوادث فرآیندی که طی سال‌های ۱۹۹۹ الی ۲۰۱۵ توسط سازمان‌های EMARS^۱ و FKD^۲ ثبت شده بودند را استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و بیان کرد که عوامل سازمانی، تجهیزات، صلاحیت نداشتن افراد، نبود نظارت بر افراد حین انجام کار، و بروز خطای انسانی به عنوان مهم‌ترین علل بروز نقص در عملکرد سیستم مجوز می‌باشند. انجام این مطالعات با صرف هزینه و وقت جهت تکثیر و تکمیل چک‌لیست‌های ارزیابی و همچنین نیاز به نرم‌افزارهای آماری به منظور تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از ممیزی می‌باشد که می‌توان آن را جزء معایب استفاده از روش‌های مبتنی بر قلم و کاغذ دانست (۱۶). امروزه با توجه به رشد سریع فناوری اطلاعات در حوزه‌های علوم مختلف و از جمله ایمنی و بهداشت حرفه‌ای استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری در مدل‌سازی‌های مربوط به حریق و انفجار، ارزیابی پوسچر، رسم نقشه‌های صوتی و

حوادث فرآیندی عمده‌ترین و بارزترین علت ایجاد هزینه‌های هنگفت در صنایع شیمیایی و پالایشگاه‌های مناطق مختلف جهان، از جمله کشور ما می‌باشند (۱ و ۲). در صنایع فرآیندی با انجام یکسری فعالیت‌های فیزیکی یا شیمیایی یا ترکیبی از هر دو، یک ماده اولیه و خام به یک محصول بینابینی و یا محصول نهایی تبدیل می‌شود. این صنایع مجموعه‌ای از واحدها و فرآیندهای بهم‌پیوسته می‌باشند که در صورت بروز اختلال در عملکرد یک واحد، عملکرد سایر واحدها و فرآیندها نیز مختل می‌گردد (۳). تولید، ذخیره، حمل و نقل و استفاده از مواد شیمیایی هیدروکربن دار، همچنین وجود پارامترهای عملیاتی مانند دما، فشار در صنایع فرآیندی موجب شده است که در این صنایع حوادثی مانند حریق و انفجار به وقوع بپیوندد (۴). انفجار مخازن ذخیره‌سازی حلال و مواد شیمیایی در شازند اراک در سال ۱۳۸۷، انفجار پتروشیمی بندر امام ماهشهر در سال ۱۳۹۱، انفجار خط لوله انتقال گاز شهران تهران در سال ۱۳۹۵، مثال‌هایی از حوادث رخ داده در صنایع فرآیندی داخل کشور می‌باشند. همچنین این حوادث در سایر نقاط جهان در طول تاریخ به وقوع پیوسته‌اند که می‌توان به انفجار در پالایشگاه تگزاس آمریکا در سال ۲۰۰۵، انفجار در پالایشگاه آموی ونزوئلا در سال ۲۰۱۲ و انفجار در سکوی نفتی پایپر آلفا در سال ۱۹۸۸ اشاره کرد. این حوادث منجر به مرگ افراد، پیامدهای مالی و آسیب به محیط‌زیست شدند (۵-۷). بررسی‌های انجام شده توسط HSE انگلستان حاکی از آن است که ۷۶٪ حوادث رخ داده در پالایشگاه، پتروشیمی و شرکت‌های شیمیایی در ارتباط با فعالیت‌های تعمیرات اساسی و نگهداری می‌باشد، به طوری که ۳۰٪ حوادث رخ داده در فعالیت‌های تعمیرات اساسی و نگهداری به علت نقص در سیستم مجوز کار بوده است. اسکات علت ۲۰٪ حوادث رخ داده در زمان انجام فعالیت‌هایی مانند نگهداری و تعمیرات اساسی در صنایع فرآیندی را به دلیل نقص در سیستم مجوز کار می‌داند (۸-۱۰). مجوز کار یک سیستم مستند برای کنترل فعالیت‌هایی است

1 European Major Accident Reporting System

2 Failure Knowledge Database

تهویه صنعتی رو به گسترش است (۱۷-۲۰). معمولاً در صنایع فرآیندی انجام کارهایی مانند، کار گرم و سرد، کار در فضای محصور و کار در ارتفاع و همچنین کارهای برقی نیازمند به صدور مجوز کار می‌باشد. با توجه به وسعت صنایع و میزان تقاضا، معمولاً در یک روز کاری تعداد زیادی برگ مجوز کار صادر می‌گردد. لذا با توجه به حجم بالای تعداد مجوز کارهای صادر شده در این صنایع، لزوم ایجاد یک هماهنگی در بین اجزای سیستم مجوز کار احساس می‌شود، از این رو استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری به عنوان یک راهکار کنترلی می‌تواند مفید باشد. تا به امروز نرم‌افزارهایی جهت صدور مجوز کار، طراحی و در اختیار صنایع فرآیندی قرار گرفته‌اند که دارای مزیت‌هایی مانند قابلیت اجرای آسان، جلوگیری از خسته شدن فرد صادرکننده مجوز کار در زمان تکمیل فرم‌ها و خوانا بودن مجوز می‌باشند. با توجه به وجود صنایع فرآیندی پرشمار در کشور و اهمیت بحث پایش عملکرد سیستم مجوز در این صنایع، وجود یک نرم‌افزار کامپیوتری که قابلیت ارزیابی عملکرد و شناسایی خطاهایی که می‌توانند بر عملکرد سیستم مجوز کار تأثیرگذار باشند احساس می‌گردد. لذا این مطالعه با هدف ساخت یک نرم‌افزار کامپیوتری مناسب جهت ارزیابی عملکرد و شناسایی نقاط قوت و ضعف سیستم مجوز کار در یک پالایشگاه نفت انجام شد.

روش کار

پژوهش حاضر از نوع مطالعات توسعه‌ای- کاربردی می‌باشد که در سال ۱۳۹۸ در پالایشگاه نفت آبادان طراحی و اجرا گردید. این پژوهش شامل دو مرحله اصلی بود.

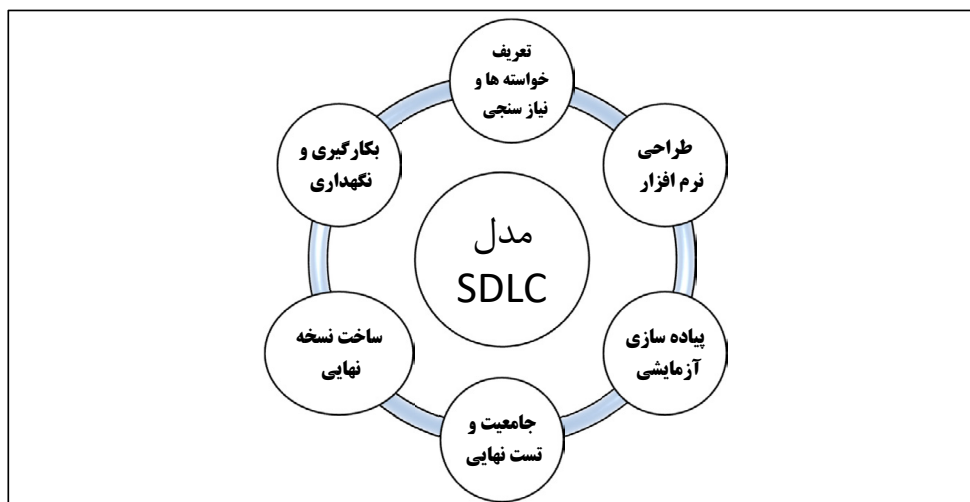
الف) مرحله طراحی پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار

در این مرحله با انجام بررسی متون و مقایسه دستورالعمل‌های صدور مجوز کار در شرکت‌های مختلف زیرمجموعه وزارت نفت (شرکت ملی نفت ایران، شرکت

پالایش پخش شرکت ملی و گاز ایران، شرکت‌های پتروشیمی) و خارج کشور (TOTAL، HSE، SHELL، OGP، شرکت نفت عمان) و همچنین انجام مصاحبه با خبرگان دانشگاهی و صنعتی آشنا با سیستم مجوز کار شش معیار ارزیابی ریسک، پیشگیری و کنترل خطرات، مسئولیت‌پذیری، هماهنگی و اطلاع‌رسانی، وضوح و شفافیت و مستندسازی به عنوان معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار در نظر گرفته شدند. در گام بعد به منظور بررسی وضعیت عملکرد سیستم مجوز کار در هر کدام از معیارهای مشخص شده، پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار توسط پانل خبرگان طراحی گردید. این پرسشنامه در مجموع مشتمل بر ۵۰ سؤال (ارزیابی ریسک ۱۰ سؤال، پیشگیری و کنترل خطرات ۱۸ سؤال، مسئولیت‌پذیری ۴ سؤال، هماهنگی ۶ سؤال، وضوح و شفافیت ۶ سؤال، مستندسازی ۶ سؤال) بود. این پرسشنامه از افراد ارزیاب کننده مجوز کار می‌خواهد که میزان انطباق هر کدام از سؤالات با دستورالعمل‌ها و رویه‌های صدور مجوز کار را با استفاده از طیف لیکرت پنج‌تایی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد) مشخص نمایند. افراد امضاء کننده مجوز کار از مسئولیت خود در برابر پیش آمدهای احتمالی آگاهی دارند، در صورت بروز خطر پیش‌بینی نشده از اجرا یا ادامه کار جلوگیری به عمل می‌آید، امضای اعلام پایان کار پس از بازدید از محل کار در برگ مجوز کار درج می‌گردد، محدوده زمانی شروع بکار و اتمام کار به صورت شفاف در برگ مجوز کار ثبت می‌گردد، مثال‌های از سؤالات موجود در این پرسشنامه می‌باشد. مطابق با این پرسشنامه نمره عملکرد سیستم مجوز کار با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

+ نمره پیشگیری و کنترل خطرات \sum + نمره ارزیابی ریسک \sum
 + نمره هماهنگی و اطلاع رسانی \sum + نمره پذیری مسئولیت \sum
 عملکرد سیستم مجوز کار = مستند سازی \sum + وضوح و شفافیت \sum

در نهایت بر اساس توافق میان خبرگان، بر اساس میزان امتیاز یا نمره به دست آمده از پرسشنامه تکمیل شده،



شکل ۱. مراحل مختلف مدل SDLC (۲۳)

جایگزینی و یا تغییر و بهبود کیفی نرم‌افزار می‌باشد (۲۲). مراحل مختلف اجرای این مدل در شکل ۱ نمایش داده شده است.

در مرحله تعریف خواسته به نیازسنجی، با استفاده از یک پرسشنامه از خبرگان دانشگاهی و صنعتی خواسته شد که در نظرات خود را در خصوص قابلیت‌های مورد انتظار از نرم‌افزار بیان کنند. در مرحله بعد به طراحی اولیه نرم‌افزار با استفاده از ایده پردازی ذهنی و استفاده از تکنیک بارش افکار ایده‌ها و نظرات تیم محققین و خبرگان صنعتی و دانشگاهی در خصوص چگونگی اجرا و عملکرد نرم‌افزار تجمیع و به‌منظور مسنجم شدن افکار و ایده‌ها، با استفاده از زبان برنامه‌نویسی سی شارپ^۴ در محیط مایکروسافت ویژوال استودیو^۵ نرم‌افزار اولیه کد نویسی شد. برای ایجاد دیتا بیس^۶ از نرم‌افزار اس کیو آل سرور^۷ استفاده گردید. در مرحله بعد به‌منظور ارزیابی قابلیت استفاده و مشخص شدن مشکلات مربوط به طراحی و رابط کاربری نسخه اولیه نرم‌افزار، تعداد ۳ استاد دانشگاه و ۷ خبره صنعتی به روش دسترسی آسان انتخاب شدند تا به‌صورت آزمایشی نرم‌افزار را مورد استفاده و ارزیابی قرار دهند. ارزیابی نرم‌افزار با استفاده از روش فکر

4 C sharp
5 Microsoft visual
6 Data Base
7 SQL server 2012

وضعیت عملکرد سیستم مجوز کار در یکی از گروه‌های عالی (۷۶ الی ۱۰۰)، خوب (۵۱ الی ۷۵)، متوسط (۲۶ الی ۵۰) و ضعیف (۲۵ و کمتر از آن) قرار می‌گیرد. شایان ذکر است که پایایی و روایی پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار توسط کریمی و همکارانش مورد بررسی قرار گرفته و میزان آلفای کرونباخ برای پرسشنامه مذکور ۰/۸۱ گزارش شده است (۲۱).

ب) مرحله ساخت نرم‌افزار

بعد از طراحی پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار و بررسی پایایی و روایی آن، مرحله ساخت نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار آغاز گردید. معیارهای مورد استفاده برای سنجش عملکرد سیستم مجوز کار در طراحی نرم‌افزار همان معیارهای موجود در پرسشنامه طراحی شده در مرحله اول بود، درواقع ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار در نرم‌افزار بر اساس پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار می‌باشد که به‌صورت الکترونیکی طراحی شده است. مرحله ساخت نرم‌افزار مطابق با مدل SDLC^۳ انجام گردید. مدل SDLC رویکردی است که در تولید یا طراحی مجدد یک نرم‌افزار دنبال می‌گردد. این مدل شامل مراحل تولید، نگهداری،

3 Software Development Life Cycle

جدول ۱. ابعاد پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار بر اساس تعداد سؤالات و میزان آلفای کرونباخ

ردیف	بعد	تعداد سؤالات	آلفای کرونباخ
۱	ارزیابی ریسک	۱۰ سؤال	۰/۸۶
۲	پیشگیری و کنترل خطرات	۱۸ سؤال	۰/۸۴
۳	مسئولیت‌پذیری	۴ سؤال	۰/۸۱
۴	هماهنگی	۶ سؤال	۰/۷۹
۵	وضوح و شفافیت	۶ سؤال	۰/۸۲
۶	مستندسازی	۶ سؤال	۰/۷۸
۷	کل پرسشنامه	۵۰ سؤال	۰/۸۱

سؤال می‌باشد که ۳ سؤال مربوط به اطلاعات هویتی افراد کاربر ۵ سؤال خصوص کار با نرم‌افزار، ۶ سؤال در خصوص صفحه‌نمایش ۴ سؤال در خصوص اصطلاحات و اطلاعات سامانه، ۶ سؤال در خصوص قابلیت یادگیری و ۵ سؤال آن در خصوص قابلیت‌های کلی نرم‌افزار است. در این پرسشنامه امتیاز هر سؤال با یک طیف ۰ الی ۹ مشخص شده به طوری که امتیاز صفر نشان‌دهنده کمترین میزان قابلیت و رضایتمندی و عدد ۹ بیانگر بیشترین میزان قابلیت و رضایتمندی است. امتیاز ۰-۲ سطح ضعیف، ۳-۵ سطح متوسط، ۶-۸ سطح خوب و ۹ سطح عالی طبقه بندی شده است. بر اساس مطالعات موجود پایایی این پرسشنامه ۰/۹۴ تعیین شده است که نشان‌دهنده قابلیت اطمینان آن می‌باشد (۲۵).

≡ یافته‌ها

در این مطالعه تعداد ۲۵ نفر از خبرگان با میانگین سن ۳۷ سال و انحراف معیار ۵/۸ سال به‌عنوان پانل سنجش روایی محتوایی پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار شرکت داشتند. مدرک تحصیلی ۵ نفر از خبرگان دکتری، ۷ نفر کارشناسی ارشد و ۱۳ نفر هم دارای مدرک کارشناسی بودند. در جدول شماره ۱ ابعاد مختلف پرسشنامه، تعداد سؤالات و میزان آلفای کرونباخ محاسبه شده برای هر کدام از ابعاد نمایش داده شده است. نرم‌افزار دارای یک سطح دسترسی با عنوان مدیر سیستم و یک سطح دسترسی با عنوان ارزیاب می‌باشد.

کردن با صدای بلند^۸ انجام شد. این روش اولین بار توسط شخصی بنام لویئس معرفی گردید و یکی از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی عملکرد نرم‌افزار می‌باشد (۲۴). اجرای روش فکر کردن با صدای بلند به این صورت بود که از کاربران خواسته شده به مدت ۱۵ روز کار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار را با استفاده از نرم‌افزار انجام دهند و نظرات خود را در مورد نرم‌افزار به‌صورت شفاهی بیان کنند. نظرات جمع‌آوری شده در این روش برای تعیین اینکه مشکلات کاربران در حین استفاده از نرم‌افزار چه بود و چگونه می‌توان نرم‌افزار را اصلاح کرد مفید می‌باشند. در گام بعدی نظرات و بازخوردهای کاربران از کار با نسخه اولیه در نسخه نهایی نرم‌افزار اعمال گردید. با توجه به اینکه نسخه مشابه این نرم‌افزار تاکنون طراحی نشده است به‌منظور اعتباربخشی محاسبات انجام شده و خروجی نرم‌افزار از کاربران خواسته شده در کنار تکمیل نسخه الکترونیک پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار یک نسخه کاغذی این پرسشنامه را نیز تکمیل کنند. اطلاعات نسخه کاغذی پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار وارد نرم‌افزارهای SPSS ۲۱ و Excel ۲۰۱۸ شد و با خروجی نرم‌افزار مقایسه گردید. در انتها به‌منظور بررسی میزان قابلیت کاربر پذیر بودن و همچنین میزان رضایتمندی کاربران از نسخه نهایی نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار از پرسشنامه استاندارد رضایت کاربر^۹ (QUIS) استفاده شد. این پرسشنامه دارای ۳۰

8 Think Aloud

9 Questionnaire for User Interaction Satisfaction



شکل ۲. صفحه اصلی ورود به نرم‌افزار و انتخاب نوع سطح دسترسی

جهت ایجاد یک ارزیابی را در بخش مدیریت سازمان نرم‌افزار تعریف می‌کند.

ارزیاب با استفاده از کد شناسایی تعریف شده توسط مدیر سیستم، وارد صفحه مختص خود شده و نسخه الکترونیکی پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار را با توجه به دسترسی‌هایی که برای وی تعریف شده است تکمیل و اطلاعات را ذخیره می‌نماید. در شکل ۵ سطح دسترسی ارزیاب نمایش داده شده است.

پس از تکمیل پرسشنامه توسط یک یا چند ارزیاب کننده عملکرد سیستم مجوز کار، مدیر سیستم می‌تواند نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پرسشنامه را برحسب سازمان، برحسب واحد و برحسب نفر ارزیاب کننده مشاهده نماید. در شکل شماره ۶ خروجی نهایی نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار نمایش داده شده است. یافته‌های حاصل از آنالیز پرسشنامه کاغذی ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار که با استفاده از نرم‌های Spss ۲۱ و ۲۰۱۸ Excel انجام گرفت با خروجی نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار مطابقت داشت. در نهایت بر اساس نتایج حاصل از پرسشنامه QUIS امتیاز مربوط به میزان رضایتمندی کلی کاربران از نرم‌افزار طراحی شده، ۷/۷۱ از نه امتیاز ممکن بود. امتیازات به دست آمده به ترتیب، ۷/۵۸ برای کارکرد نرم‌افزار، ۷/۳۷ برای ویژگی‌های

در شکل ۲ صفحه اصلی ورود به نرم‌افزار و نحوه انتخاب نوع سطح دسترسی نمایش داده شده است. مدیر قابلیت تعریف و مشخص کردن تعداد کاربران نرم‌افزار را دارد. کاربران پس از ثبت نام و تأیید آن‌ها توسط مدیر، به عنوان کاربر فعال توسط نرم‌افزار شناسایی خواهند شد و با ورود به نرم‌افزار، قادر به استفاده از دسترسی‌های موجود که برای هر کدام از آن‌ها در نظر گرفته شده است خواهند بود. به منظور ایجاد یک ارزیابی با استفاده از نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار، مراحل زیر می‌بایست انجام گردد.

در گام اول برای ورود به نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار، کاربر اطلاعات مربوط به نام کاربری و رمز عبور خود را وارد نموده و در صورت مجاز بودن به پنل کاربری مخصوص خود دسترسی پیدا خواهد کرد.

سطح دسترسی مدیر سیستم شامل بخش مدیریت سازمان، بخش ایجاد ارزیابی، بخش وضعیت ارزیابی، بخش گزارش ارزیابی که می‌تواند برحسب سازمان، واحد یا برحسب فرد انجام دهنده ارزیابی باشد. هر کدام از این قسمت‌ها توسط آیکون‌های خاصی نمایش داده شده‌اند که در شکل ۳ نمایش داده شده است.

مطابق با شکل ۴، به منظور ایجاد یک ارزیابی، مدیر سازمان نام واحد، نام افراد ارزیاب و سایر موارد مورد نیاز



شکل ۳. بخش‌های اصلی تشکیل‌دهنده سطح دسترسی مدیر در نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار



شکل ۴. نحوه ایجاد یک ارزیابی در بخش مدیریت سازمان نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار

ارزیاب محترم، جناب علیرضا جعفری خوش آمدید

ارزیابی های جاری

واحد	ارزیابی
شروع ارزیابی	

ارزیابی های ثبت شده

واحد	ارزیابی
۲ اردیبهشت ۱۳۹۸	اکتلسون

نمایش ارزیابی

ارزیابی مورد نظر را از لیست مربوطه انتخاب نمایید

بر روی دکمه نمایش ارزیابی کلیک کنید

نمونه ای از خروجی نرم افزار

نتیجه ارزیابی	پرسش های مرحله اول
کم	شناسایی خطر پس از بازدید فرد صادر کننده مجوز از محل انجام کار صورت میگیرد
خیلی کم	در صورت بروز خطر پیش بینی شده کار متوقف می شود
خیلی کم	مخاطرات ارزیابی شده در پروژه کار مکتوب می شوند
کم	ارزیابی ریسک متناسب با نوع کار انجام می پذیرد
خیلی کم	تست سنجی انجام شده بصورت دوره ای پایش می شود
کم	گزارش های قابل حمل در محیط در دسترس و قابلبره می باشند
خیلی کم	اطمینان خاطر از کالیبراسیون دستگاههای گارنسج وجود دارد
خیلی کم	افراد مسئول صدور مجوز کار با روش های ارزیابی ریسک آشنایی کافی دارند
کم	فرد یا افراد مسئول است کار در خصوص استفاده از دستگاههای فرات مستقیم آموزش دیده اند
کم	افراد مسئول صدور مجوز کار با روش های شناسایی خطر آشنایی دارند
نتیجه ارزیابی	پرسش های مرحله دوم
خیلی کم	صلاحیت فرد صادر کننده مجوز کار قبل از بکارگیری در سیستم صدورمجوز کار ، بررسی و تایید می شود
کم	افراد صادر کننده مجوز کار از روشهای اجرایی وکنش در شرایط اضطراری مطلع و آگاه می باشند
کم	اطمینان کافی از وجود ابزارآلاتیون های مشخص شده در مجوز قبل از شروع کار وجود دارد
کم	افراد آموزش های لازم در خصوص نحوه استفاده صحیح از وسایل حفاظت فردی را دیده اند
خیلی کم	در صورت بروز یک خطر پیش بینی شده مجوز کار صادر شده باطل و کار متوقف می شود
کم	نویسه های ایمنی لازم با توجه به نوع و شرایط کار ، تعریف و اجرامی شود
خیلی کم	الزامات و احتیاطات بیان شده در مجوز کار برای افراد قابل درک و فهم می باشد
کم	اقدامات پیشگیرانه ای که در مجوز کار وجود دارند ، در محل انجام کار بخواهی اجرا می شوند
کم	بعد از اتمام کار ، اقدامات لازم در خصوص ضبط و ربط محل بخواهی انجام می گیرد
کم	دستورالعمل شفاهی در خصوص چگونگی کنترل یا ترک محل کار به هنگام وقوع شرایط اضطراری وجود دارد
خیلی کم	مسیرهای فرار و خروج اضطراری بگونه ای مشخص شده اند که نترات از نحوه دسترسی به آنها آگهی دارند
کم	علامت ایمنی و هشدار دهنده ها متناسب با نوع کار در محل نصب می گردد
کم	تجهیزات و ابوات بالاتر در شرایط ایمن و مناسب قرار داشته و دارای گواهینامه سلامت فنی می باشند
خیلی کم	از توقف کارهای که بیش از ۲ ساعت از مجوز صدور آنها گذشته باشد جلوگیری بعمل می آید
کم	تجهیزات و ایسه حفاظت فردی متناسب با کار تعریف ، و توسط افراد حین کار استفاده می شوند.
خیلی کم	کار با فعالیت تعریف شده مطابق با شرح کار موجود در فرم مجوز انجام می پذیرد
کم	درصورت استفاده نکردن وسایل حفاظت فردی توسط افراد انجام دهنده کار از فعالیت و شروع بکار آنها جلوگیری بعمل می آید
خیلی کم	کارهای که فرم مجوز آنها دارای خط خوردهگی می باشند متوقف می شوند
نتیجه ارزیابی	پرسش های مرحله سوم

شکل ۵. صفحه اختصاصی مربوط به ارزیاب عملکرد سیستم مجوز کار

نرم افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار

ارزیابی گزارش بیشتر

برحسب ارزیاب

برحسب سازمان

برحسب واحد

نتایج ارزیابی ها برحسب سازمان

ارزیاب	تاریخ
۱ اردیبهشت ۱۴۰۰	
۱ فروردین ۱۴۰۰	
۱۵ مرداد ۱۳۹۸	

مشاهده

میانگین نمرات سازمان در معیارهای شش گانه مورد ارزیابی

معیار	نمره
شناسایی و ارزیابی خطرات	0.185
پیشگیری و کنترل مخاطرات	0.181
مسئولیت پذیری	0.191
هماهنگی و اطلاع رسانی	0.159
مستند سازی	0.15
وضوح و شفافیت	0.134

وضعیت کلی سازمان

نمره کل سازمان در ارزیابی: ۰.۴۶۲

وضعیت کلی سازمان در ارزیابی: متوسط

سقف نمره ی معیار

وضعیت عالی

وضعیت خوب

وضعیت متوسط

وضعیت ضعیف

معیارها

شناسایی و ارزیابی خطرات

پیشگیری و کنترل مخاطرات

مسئولیت پذیری

هماهنگی و اطلاع رسانی

مستند سازی

وضوح و شفافیت

شکل ۶. خروجی نهایی نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار

جدول ۲. نتایج ارزیابی قابلیت کاربرد نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار بر اساس پرسشنامه QUIS

انحراف معیار	میانگین	ابعاد مختلف پرسشنامه سنجش کاربر پذیری و میزان رضایت کاربران از نرم‌افزار
۰/۴۸	۸	۱. کارکرد کلی نرم‌افزار
۱/۰۵	۷/۵	۲. میزان سختی کار با نرم‌افزار
۰/۸۵	۷	۳. احساس شما در هنگام استفاده از نرم‌افزار
۰/۹۸	۸	۴. طراحی کلی نرم‌افزار
۰/۹۸	۷	۵. کار مداوم با نرم‌افزار
۱/۲۸	۸	۶. قابلیت‌های تنظیم نرم‌افزار
میانگین کل امتیاز کسب‌شده در بخش کارکرد نرم‌افزار		
۷/۵۸		
۱/۰۳	۶/۵	۱. میزان خوانا بودن حروف در صفحه‌نمایش
۰/۶۰	۸	۲. انجام آسان وظایف با استفاده از عبارات مشخص
۰/۹۳	۷/۵	۳. سازمان‌دهی اطلاعات
۱/۰۵	۷/۵	۴. توالی صفحات نمایش
میانگین کل امتیازات کسب‌شده در بخش صفحه‌نمایش		
۷/۳۷		
۱/۰۶	۸	۱. استفاده از اصطلاحات در نرم‌افزار
۰/۴۷	۸/۵	۲. مجموعه اصطلاحات مربوط به کار با نرم‌افزار
۸/۳۳	۸	۳. مکان پیغام‌ها در صفحه‌نمایش
۱/۶۶	۷	۴. پیغام برای ثبت داده‌های ضروری
۱/۵۸	۸	۵. پیغام نرم‌افزار در خصوص تکمیل وظایف
۱/۳۷	۷	۶. پیغام خطا در نرم‌افزار
میانگین امتیاز کسب‌شده در بخش اصطلاحات و اطلاعات نرم‌افزار		
۷/۷۵		
۱/۴۹	۸	۱. یادگیری کار با نرم‌افزار
۰/۸۱	۸/۲	۲. کشف ویژگی‌های نرم‌افزار با آزمون و خطا
۱/۲۶	۷/۲۸	۳. حفظ اسامی و استفاده از قابلیت‌ها
۱/۱۴	۸/۴	۴. انجام سریع و آسان وظایف
۱/۱۶	۸/۲	۵. پیام‌های راهنما در نرم‌افزار
۰/۴۶	۸/۶	۶. راهنمای استفاده از نرم‌افزار
میانگین امتیاز کسب‌شده در بخش قابلیت یادگیری		
۸/۱۱		
۱/۱۱	۸/۲	۱. سرعت نرم‌افزار
۱/۶۰	۷/۵	۲. در دسترس بودن نرم‌افزار
۱/۰۸	۸/۱	۳. تعداد قابلیت‌های نرم‌افزار
۱/۶۴	۷/۸	۴. تصحیح اشتباهات کاربر
۲/۲۷	۷/۱	۵. طراحی متناسب با کاربران مختلف
میانگین امتیاز کسب‌شده در بخش قابلیت‌های کلی نرم‌افزار		
۷/۷۴		

بحث

هدف کلی این تحقیق ساخت یک نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار به منظور شناسایی نقاط قوت و ضعف سیستم مجوز کار در صنایع فرآیندی بود که با تعیین نیازهای اطلاعاتی نرم‌افزار از دیدگاه خبرگان دانشگاهی و صنعتی آشنا به سیستم مجوز کار انجام

صفحه‌نمایش و رابط کاربری، ۷/۷۵ برای اصطلاحات و اطلاعات نرم‌افزار، ۸/۱۱ برای یادگیری و ۷/۷۴ برای قابلیت‌های کلی نرم‌افزار بود. در جدول شماره ۲ سؤالات مربوط پرسشنامه QUIS و میانگین نمره اکتسابی نرم‌افزار طراحی‌شده بر اساس نظر کاربران نمایش داده شده است.

کار به‌عنوان راهکارهای کنترلی که می‌توانند در نهایت منجر به بهبود عملکرد سیستم مجوز کار شوند پیشنهاد شد (۱۱). کلتز (Keltz) و همکارانش یک نرم‌افزار صدور مجوز کار را کد نویسی و معرفی کردند که باعث افزایش سرعت و دقت در صدور مجوز کار و همچنین قابلیت ایجاد هماهنگی بین افراد از طریق عدم صدور چند مجوز برای یک کار یا فعالیت در حال انجام می‌شد (۲۶). همچنین برووس (Burrows) به بررسی و امکان‌سنجی استفاده از سیستم الکترونیک صدور مجوز کار در میدان‌های گاز کشور قطر پرداخت. در این میدان‌های گازی سالانه در حدود ۳۶۰۰۰ برگ مجوز کار صادر می‌گردد. امکان ایجاد هماهنگی بین تعداد زیادی از مجوزهای کار، قابلیت بازیابی و ردیابی سریع مجوزهای صادر شده، داشتن قابلیت ذخیره‌سازی و بایگانی مجوز کارهای صادر شده از جمله مزیت‌های استفاده از نرم‌افزارهای صدور مجوز کار بود (۲۷). بر اساس راهنمای HSE-UK پایش و ارزیابی سیستم مجوز کار با استفاده از چک‌لیست‌های ارزیابی سیستم مجوز به‌صورت روزانه و به‌صورت ممیزی‌های دوره‌ای سه سال یک‌بار می‌باشد (۲۸). ارزیابی سیستم مجوز کار در پالایشگاه نفت مورد مطالعه به‌صورت استفاده از چک‌لیست‌های پایش روزانه سیستم مجوز کار و همچنین ممیزی دوره‌ای در فواصل زمانی شش ماه و سالی یک‌بار انجام می‌شود. نرم‌افزار ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار ابزاری جدید در حیطه ایمنی می‌باشد که جهت تسهیل در روند ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار در صنایع فرآیندی مانند پالایشگاه‌های نفت و گاز و پتروشیمی کاربرد دارد. این نرم‌افزار با داشتن قابلیت ایجاد ارزیابی با فواصل زمانی دلخواه و داشتن قابلیت مقایسه بین ارزیابی‌ها می‌تواند به‌عنوان یک ابزار کمکی جهت پایش روزانه، ماهیانه و سالیانه مجوز کار مورد استفاده قرار گیرد. ضرورت وجود این نرم‌افزار، فراهم کردن یک روش آسان ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار به‌منظور شناسایی نقاط قوت و ضعف آن و در نتیجه بهبود عملکرد آن می‌باشد. این نرم‌افزار با استفاده از فرم‌ها و پرسشنامه از پیش طراحی شده استاندارد، مانع از ارسال

شد. مطالعه با بررسی متون و دستورالعمل‌های مرتبط با صدور مجوز کار، موجود در داخل و خارج کشور آغاز گردید و در ادامه مصاحبه با خبرگان دانشگاهی و صنعتی انجام گردید و بر اساس خروجی‌های بررسی متون و نتایج مصاحبه، معیارهای مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار شناسایی شد. در گام بعدی پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار طراحی و اعتبار سنجی گردید. طراحی نرم‌افزار مطابق با مدل SDLC و با استفاده از زبان برنامه‌نویسی سی شارپ در محیط مایکروسافت ویژوال استودیو انجام شد. نرم‌افزار طراحی شده دارای دو قسمت مدیر و کاربر بود. مدیر نرم‌افزار مسئولیت وظایف مربوط به کاربران را بر عهده دارد. کاربران با مراجعه به صفحه شخصی خود پرسشنامه ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار را تکمیل می‌کنند. در نهایت بر اساس نمره به‌دست‌آمده عملکرد سیستم مجوز کار در یکی از چهار سطح، عملکرد عالی، عملکرد خوب، عملکرد متوسط و عملکرد ضعیف تقسیم‌بندی می‌شود. نرم‌افزار بر اساس نقاط ضعف شناسایی شده، راهکارهایی را در جهت بهبود عملکرد سیستم مجوز کار پیشنهاد می‌دهد. با توجه به اهمیت و نقش سیستم مجوز کار در پیشگیری از وقوع حوادث ناگوار، مطالعاتی با محوریت شناسایی و ارائه راهکاری پیشگیرانه جهت کاهش خطا در سیستم که توسط انسان ممکن است رخ دهد و منجر به شکست و ایجاد اختلال در عملکرد سیستم مجوز کار شود انجام شده است. جهانگیری و همکارانش با استفاده از تکنیک SPAR-H به تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی مربوط به صدور برگ مجوز کار در یک صنعت شیمیایی پرداختند. جداسازی نامناسب از تجهیزات فرایند، برچسب‌گذاری ناکافی تجهیزات، تأخیر در شروع کار پس از صدور مجوز کار، تست گاز نامناسب و اقدامات ناکافی جهت آماده‌سازی سایت به‌عنوان عواملی که عملکرد سیستم مجوز کار را تحت تأثیر قرار می‌دهند معرفی شدند. در این مطالعه به‌منظور کاهش خطاهای انسانی در هنگام صدور مجوز کار پیشنهادهایی مانند راه‌اندازی اتوماسیون صدور برگ مجوز کار و همچنین اصلاح روش صدور برگ مجوز

محاسبات را نیز افزایش می‌دهد (۳۱). در هر سه نرم‌افزار ذکر شده، از کاربرد و چک‌لیست‌های پیشنهاد شده از سازمان‌های خارج کشور به‌عنوان پایه و اساس محاسبات کامپیوتری در نظر گرفته شده بود ولی در مطالعه حاضر کاربرد نرم‌افزار بر اساس یک پرسشنامه داخلی که اعتبار روایی و پایایی آن مورد تأیید قرار گرفته بود طراحی شده بود که می‌توان از آن به‌عنوان یک مزیت یاد کرد. همچنین نرم‌افزار طراحی شده پشتیبانی کامل از زبان فارسی داشته و بر اساس بانک اطلاعاتی (Data Base) طراحی شده در نرم‌افزار، امکان ایجاد یک شبکه به‌هم‌پیوسته از چند کاربر (Multi user) را دارد که در سایر نرم‌افزارهای ذکر شده این قابلیت وجود ندارد. در این مطالعه از روابط داخلی بین معیارهای شناسایی شده صرف‌نظر شده است و فرض شده که معیارهای شناسایی شده هر کدام به‌صورت مستقل، عملکرد سیستم مجوز کار را تحت تأثیر قرار می‌دهند که می‌توان این مورد را از محدودیت‌های این مطالعه دانست. پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی به‌منظور تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد سیستم مجوز کار با استفاده از روش‌های دیمتل (DEMATEL) و فرآیند تحلیل شبکه (ANP) میزان تأثیرگذاری معیارها بر یکدیگر و همچنین روابط داخلی بین آن‌ها سنجیده، و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده معیارهایی که از وزن بالاتر برخوردار هستند شناسایی و اقدامات کنترلی مسنجم تری به‌منظور بهبود وضعیت عملکرد سیستم مجوز کار بر اساس میزان تأثیرگذاری هر کدام از معیارها اتخاذ گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات بعدی نرم‌افزاری کد نویسی شود که قابلیت صدور مجوز کار و ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار را به‌صورت هم‌زمان داشته باشد.

نتیجه گیری

نرم‌افزار معرفی شده در این مطالعه با انجام تجزیه و تحلیل‌های نظام‌مند، دقیق و صحیح و در عین حال انعطاف‌پذیر یک ارزیابی از وضعیت عملکرد سیستم مجوز کار در صنایع فرآیندی را ارائه می‌دهد. این نرم‌افزار با ارائه انواع گزارش در ساختارهای از پیش تعریف شده با توجه

اطلاعات انبوه و گاهاً ناقص در زمان انجام ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار می‌شود که نتیجه آن موجب افزایش میزان صحت و دقت روند ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار می‌گردد. تاکنون نرم‌افزاری در خصوص ارزیابی عملکرد سیستم مجوز کار در سطح داخل و خارج از کشور ساخته نشده است، به همین دلیل امکان مقایسه نرم‌افزار از نظر طراحی و عملکرد با نرم‌افزارهای مشابه وجود ندارد. لذا با در نظر گرفتن این نکته به‌منظور بررسی پایایی و قابلیت اطمینان خروجی نرم‌افزار از روش مقایسه‌ای استفاده شد. با توجه به اینکه پایه و اساس این نرم‌افزار مبتنی بر محاسبات ریاضی و آماری می‌باشد، با تکمیل پرسشنامه‌های کاغذی و ورود اطلاعات آن‌ها به نرم‌افزارهای اکسل و SPSS، خروجی نرم‌افزار طراحی شده با این دو نرم‌افزار مقایسه گردید که نتایج خروجی هر سه نرم‌افزار با یکدیگر هم‌خوانی داشت. تاکنون نرم‌افزارهایی توسط محققین داخلی در زمینه بهداشت حرفه‌ای طراحی و مورد ارزیابی قرار گرفتند که می‌توان به نرم‌افزار طراحی شده توسط کریمی و همکارانش اشاره داشت که با الگو گرفتن از روش ارزیابی ریسک پیشنهاد شده توسط دیارتمان بهداشت شغلی مالزی، به‌منظور تسهیل در روند انجام ارزیابی ریسک مواد شیمیایی نرم‌افزار SQCRA را طراحی و در محیط ویژوال بیسیک کد نویسی کردند. کد نویسی نرم‌افزار به‌گونه‌ای بود که نرم‌افزار فاقد زبان فارسی بود و می‌توان این مورد را به‌عنوان محدودیت و انجام مراحل ارزیابی ریسک با زمان اندک را به‌عنوان مزیت استفاده از این نرم‌افزار مطرح کرد (۲۹). جعفری و تیم همکارش نیز با بهره‌گیری از برگه‌های محاسباتی معرفی شده توسط مجمع دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا، نرم‌افزاری جهت طراحی سیستم تهویه مکنده موضعی در محیط ویژوال بیسیک طراحی کردند که موجب تسریع در روند محاسبات و صرفه‌جویی در زمان و کاهش میزان خطای محاسباتی در حین طراحی سیستم مکنده موضعی می‌شد (۳۰). اصیلیان و همکاران نیز نشان دادند که استفاده از نرم‌افزار مناسب در طراحی سیستم تهویه، میزان خطای طراحی را کاهش و صحت

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد نویسنده اول این مقاله به کد IR.TUMS.SPH.REC.۱۳۹۷.۰۷۳ مصوب دانشگاه علوم پزشکی تهران می‌باشد. بدین‌وسیله از همکاری و همراهی کارشناسان اداره ایمنی شرکت پالایش نفت آبادان که در اجرای این تحقیق نقش داشتند تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

- Swuste P, Theunissen J, Schmitz P, Reniers G, Blokland P. Process safety indicators, a review of literature. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2016;40:162-73.
- Moradirad R, Haghighat M, Yazdanirad S, Hajizadeh R, Shabgard Z, Mousavi SM. Selection of the most suitable sound control method using fuzzy hierarchical technique. *Journal of Health and Safety at Work*. 2019;8(4):371-82.
- Selk S, Benner L. Accident investigation challenges for process safety practitioners. *Process Safety Progress*. 2019.
- Zarei E, Mohammadfam I, Azadeh A, Khakzad N, Mirzai M. Dynamic risk assessment of chemical process systems using Bayesian Network. *Iran Occupational Health*. 2018;15(3):103-17.
- Yu J, Mahgerefteh H, Martynov S, Olewski T, Economou I, Vechot L, editors. FIRE AND EXPLOSION MODELLING FOLLOWING THE ACCIDENTAL FAILURE OF HIGH PRESSURE ETHYLENE TRANSPORTATION PIPELINES. ASTFE Digital Library; 2019: Begel House Inc.
- Yazdi M, Nedjati A, Abbasi R. Fuzzy dynamic risk-based maintenance investment optimization for offshore process facilities. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2019;57:194-207.
- Zare A, Yazdani Rad S, Dehghani F, Omid F, Mohammadfam I. Assessment and analysis of studies related human error in Iran: A systematic review. *Health and Safety at Work*. 2017;7(3):267-78.
- Lee B, McMillan W, editors. A Knowledge Based System For Offshore Permit To Work Management. The Second International Offshore and Polar Engineering Conference; 1992: International Society of Offshore and Polar Engineers.
- Lees F. Loss Prevention in the Process Industries, Reed Educational and Professional Publishing. Oxford, UK; 1996.
- Saeid Y, Seyed Mahdi M, Rohaldin M, Mohammad Z. Investigating the Prevalence of Fungal Infections among Operating Personnel at a Petroleum Refinery Complex on Warm and Humid Conditions. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2019;11(4).
- Jahangiri M, Hoboubi N, Rostamabadi A, Keshavarzi S, Hosseini AA. Human error analysis in a permit to work system: a case study in a chemical plant. *Safety and health at work*. 2016;7(1):6-11.
- Jahangiri M, Derisi FZ, Hobobi N. Predictive human error analysis in permit to work system in a petrochemical plant. *Safety and Reliability: Methodology and Applications*. 2014:1007-110.
- Hamid S, Yousef A, Javad Jafari A. Fault Creator Cases Analysis Based on Bayesian Method in Current Permit to Work System to Optimize the Protection Layers and Risk Management, During Commissioning and Start-up Phases of Gas Refinery Plant. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2019;11(2).
- Mirderikvand H, Nassiri P, Mansouri N. Evaluation and comparative compare PTW system performance in an offshore oil platform. *Human & Environment*. 2011;9(4):15-20.
- Ghahramani A. Permit to Work System Conformity Analysis based on the System Standard Criteria in an Oil and Gas Extraction Company. *Iran Occupational Health*. 2007;4(1):10-4.
- Yan C, Siong P, Kidam K, Ali M, Hassim M, Kamaruddin M, et al. Contribution of permit to work to process safety accident in the chemical process industry. *Chemical Engineering Transactions*. 2017;56:883-8.

18. Yavuz M, SAĞLAM B, KÜÇÜK Ö, TÜFEKÇİOĞLU A. Assessing forest fire behavior simulation using FlamMap software and remote sensing techniques in Western Black Sea Region, Turkey. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 2018;18(2):171-88.
19. Fortin C, Aubin-Fournier J-F, Bettany-Saltikov J, Parent E, Feldman DE, Bernard J-C, editors. Preliminary results of the implementation of a new software-based clinical photographic posture assessment tool (CPPAT) in the clinic: Translating knowledge into practice. 13th International Conference on Conservative Management of Spinal Deformities and First Joint Meeting of the International Research Society on Spinal Deformities and the Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment 2016; 2017.
19. Guarnaccia C, Quartieri J, Tepedino C. Integration of ARIMA and software models for wind speed forecast and noise map prediction in a wind farm. *Int J Math Models Methods Appl Sci*. 2016;10:259-69.
20. Poh HJ, Chiu P-H, Nguyen HH, Xu G, Chong CS, Lee LT, et al., editors. *Airflow Modelling Software Development for Natural Ventilation Design-Green Building Environment Simulation Technology*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2019: IOP Publishing.
21. Mousavi SM, Karimi A, Zakerian SA, Makvandi G, Mehravar M. Development and validation of work permit system performance assessment questionnaire, a case study in an Iranian oil refinery. *Archives of Hygiene Sciences*. 2019;8(3):154-62.
22. Shylesh S, editor. *A Study of Software Development Life Cycle Process Models*. National Conference on Reinventing Opportunities in Management, IT, and Social Sciences; 2017.
23. Rani SBASU. A detailed study of Software Development Life Cycle (SDLC) models. *International Journal Of Engineering And Computer Science*. 2017;6(7).
24. Smith TL, Lewis C, Moore EB, editors. *A balloon, a sweater, and a wall: Developing design strategies for accessible user experiences with a science simulation*. International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction; 2016: Springer.
25. MEHDIZADEH H, FADAEI ZL. RE-DESIGNING AND EVALUATION OF TELE-DERMATOLOGY SOFTWARE FOR SKIN DISEASES. 2018.
26. Iliffe R, Chung P, Kletz T. More effective permit-to-work systems. *Trans IChemE*. 1999;77(Part B):69-76.
27. Burrows R, editor. *Implementing an Electronic Permit to Work System in Qatargas*. SPE International Health, Safety & Environment Conference; 2006: Society of Petroleum Engineers.
28. Books H. *Guidance on permit-to-work systems*. 2005.
29. Karimi A, Jamshidi Slukloei HR, Eslamizad S. Designing SQCRA as a software to semi-quantitative chemical risk assessment in workplace. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*. 2014;1(2):47-56.
30. Jafari MJ, Gohari FA, Omid L, Ezadi SK, Khoshghovah MH. Development and validation of software for designing industrial ventilation systems. *Safety Promotion and Injury Prevention*. 2015;3(2):103-10.
31. ASILIAN MH, Omidvar M, REZAEI A, Khavanin A, Mortazavi S. *A New exhaust ventilation system design software*. 2007.