



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
UNIVERSITY OF NIŠ
ФАКУЛТЕТ ЗАШТИТЕ НА РАДУ У НИШУ
FACULTY OF OCCUPATIONAL SAFETY



Евица И. З. Стојиљковић

ПРОЦЕНА ЉУДСКЕ ПОУЗДАНОСТИ

Ниш, 2020. године

др Евица И. З. Стојиљковић, ванр.проф.

ПРОЦЕНА ЉУДСКЕ ПОУЗДАНОСТИ
HUMAN RELIABILITY ASSESSMENT

Прво издање/The First Edition
2020. године

Издавач/Publisher
Факултет заштите на раду у Нишу
www.znrfak.ni.ac.rs

За издавача/For the Publisher
Проф. др Момир Прашчевић

Рецензенти/Reviewers
др Мирољуб Гроздановић, ред. проф.,
Факултета заштите на раду у Нишу, у пензији
др Срђан Глишовић, ред. проф., Факултета заштите на раду у Нишу
др Светлана Чичевић, ред. проф., Саобраћајног факултета у Београду
др Александар Жуњић, ред. проф., Машинског факултета у Београду

Превод резимеа/Translation of the Summary
Александра Петковић, мастер филолог за енглески језик и књижевност

Лектор/Lector
Марина Савић, дипл. филолог за српски језик и књижевност

Прелом и слог/Layout Editor
Милан Савић, дипл. инж. заштите на раду

Дизајн корица/Cover Design
Родољуб Аврамовић, дипл.инж. заштите на раду
www.fatcat.rs

Штампа/Print
Пунта д.о.о. Ниш

Тираж/Printing
200 примерака

| |
|---|
| Одлуком Наставно-научног већа Факултета заштите на раду у Нишу бр. 03-299/10 од 21.10.2019. године, публикација <i>Процена људске поузданости</i> сврстана је у категорију <i>монографија националног значаја</i> . |
|---|

| |
|---|
| Сва права аутора су задржана. Ниједан део ове публикације не сме се умножавати, фотокопирати нити на било који други начин репродуковати без писаног одобрења аутора. |
|---|

ISBN 978-86-6093-090-5

ПРЕДГОВОР

Истраживања људских грешака започета седамдесетих година прошлог века, формирала су контуре овог мултидисциплинарног подручја које је од свог настанка окупљало инжењере различитих профила, стручњаке из области поузданости техничких система и људске поузданости, ергономе и психологе. Већина истраживача била је до сада фокусирана на анализу људских грешака, док се мањи значај придавао њиховом раном препознавању. Данашњи напори су, међутим, усмерени ка развијању метода за процену људске поузданости, које имају за циљ идентификацију, класификацију, квантификацију и редукцију људских грешака. Препознавање, анализа, вредновање и редукција људских грешака чине основу за процену људске поузданости (енгл. *Human Reliability Assessment – HRA*).

Од почетних примена у сложеним и високоризичним технолошким системима (нуклеарна постројења, војна и свемирска индустрија), методе за процену људске поузданости шире се све више и на остале технолошке области и свакога дана налазе примену у различитим индустријским секторима и делатностима. За постојеће, али и за ново пројектоване системе које често карактерише повећан ризик услед могућности појаве већег броја мањих акцидента (електропривреда, рударство, хемијска индустрија, итд.), важно је проценити вероватноћу настанка акцидента и одредити могућа превентивна деловања. Овај сложени поступак подразумева процену утицаја људских грешака на поузданост и безбедност система, што заправо представља главни циљ примене метода за процену људске поузданости.

Процена људске поузданости свакако представља изазов за све професионалце који се данас баве проценом ризика. Анализа релевантне литературе показује да се бројни истраживачи широм света баве проучавањем метода за процену људске поузданости, тако да постоји значајан број радова и књига из ове области. Резултати многих истраживања у развијеним земљама очигледно још увек нису нашли одговарајућу примену у нашој стручној пракси, што је мотивисало аутора да се својим истраживањима приближи новим развојним тенденцијама. Тренутна настојања истраживача у овој области воде у правцу формирања интегрисаног управљачког система заснованог на методологији управљања људским грешкама. У реализацији тог задатка људски фактор, као и

управљање информацијама, има значајну улогу јер се модернизација комплексних процеса углавном заснива на управљању знањем и информационим технологијама. Међутим, иако у многим високоризичним системима постоје адекватна знања и значајне информације о људским грешкама, нема организованих акција да се оне адекватно употребе. Због тога је један од основних циљева аутора ове публикације био прикупљање и систематизовање постојећих знања из ове области, како би обједињена била лакше доступна напредним корисницима.

Недостатак одговарајуће литературе на нашим научним просторима иницирао је идеју аутора да своје истраживачке компетенције у области инжењерства људског фактора угради у једну модерну и на научним принципима засновану публикацију. Рукопис *Процена људске поузданости* представља сублимацију вишегодишњих истраживања аутора у научној области Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду. У фокусу ове публикације је, такође, и приказ резултата који су настали у оквиру истраживачких активности аутора на пројектима финансираним од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, и који се односе искључиво на процену људских грешака, а не и на процену ризика на нивоу читавих система. Због тога се на страницама ове књиге налазе и изводи из радова који су објављени у многобројним страним и домаћим публикацијама, а који одражавају синтезу теоријских и практичних компетенција аутора из области инжењерства људског фактора.

Намера аутора није била да фаворизује одређене приступе, концепте, методе и технике, већ да пружи свој допринос излагањем нових сазнања инжењерима, али и истраживачима у области друштвених, медицинских и других наука, као и свима онима који се у свом професионалном окружењу сусрећу са сличном проблематиком. Публикација може бити од користи и студентима високошколских институција које се баве проблемима заштите радне и животне средине, проценом ризика и управљањем ванредним ситуацијама.

Посебну захвалност аутор исказује рецензентима – проф. др Миролубу Гроздановићу, проф. др Срђану Глишовићу, проф. др Светлани Чичевић и проф. др Александру Жуњићу, на корисним и конструктивним саветима и сугестијама при завршној обради ове публикације.

У Нишу, 18. 10. 2019. године

Евица Стојиљковић

ПРОЦЕНА ЉУДСКЕ ПОУЗДАНОСТИ

РЕЗИМЕ

Последњих година интензивно се ради на проучавању људских грешака као важног елемента квалитета и безбедности функционисања техничких система. У току је развој нових дисциплина, као што су: процена/анализа људске поузданости (енгл. *Human Reliability Assessment/Analysis – HRA*) инжењеринг људских фактора (енгл. *Human Factors Engineering – HFE*), и анализа људске грешке (енгл. *Human Error Analysis – HEA*) које, свака понособ, доносе основне методологије за проучавање људских грешака.

У секторима високог ризика, као што су нуклеарна, ваздухопловна и петрохемијска индустрија, али и у индивидуалним малим и средњим предузећима, јавила се потреба да се анализирају методе за процену људских грешака, паралелно са методама процене ризика читавих система. Анализом комплексних система различитих индустријских и услужних делатности утврђено је да је људска грешка најчешћи узрок свих акцидената у радној и животној средини (преко 90% у нуклеарној индустрији, 80% у хемијској и петрохемијској индустрији, 75% у морепловству, преко 70% у авијацији, 70 – 90% у друмском саобраћају, 70% у анестезиологији, 65% у пословима одржавања у различитим индустријама, итд.). Улога људи у динамици акцидената због тога неизостављено треба да буде узета у обзир током процеса процене ризика, како би се спречио настанак опасних догађаја. Истраживање узрока и последица људских грешака у многим индустријским делатностима, њихова квантификација, као и тражење начина и могућности за њихово ублажавање и превазилажење како би се осигурао безбедан рад, има посебну друштвену и научну оправданост и значај.

Потпуна и универзално прихваћена таксономија различитих типова људских грешака и њихових узрока не постоји, јер анализа људских грешака данас представља интердисциплинарно подручје истраживања које још није јасно дефинисано. Људске грешке (енгл. *Human Errors – HE*) су нежељене радње или активности које за последицу имају одступања од очекиваних стандарда или норми, при чему су људи, опрема и систем у опасности. Међутим, веома је тешко формулисати свеобухватну дефиницију људских грешака, јер су оне често резултат компликованог низа догађаја. Према традиционалном приступу, људска грешка је узрок неуспеха у функционисању система и узрок акцидента, док савремени приступ полази од претпоставке да људска грешка одражава дубље проблеме који постоје у систему и резултат је комплексних односа између људи, алата, задатака и радног окружења. Због тога је већина истраживача који се баве проблематиком процене људске поузданости сагласна у ставу да су грешке које прави човек специфичан резултат његових акција, односно особина. Карактер активности оператера зависи од много чинилаца, који се називају „фактори обликовања учинка“ (енгл. *Performance Shaping Factors – PSFs*). Фактори обликовања учинка утичу на понашање човека и доношење одлука. Како је људска грешка једна од манифестација људског понашања, сматра се да фактори обликовања учинка садрже и узроке грешака. Дакле, фактори обликовања учинка могу да утичу како на повећање, тако и на смањење вероватноће настанка људске грешке, у зависности од индивидуалних карактеристика особе, окружења, организације на послу, сложености задатака и сл.

Свака процена људске грешке спроведена без адекватне класификације и категоризације није потпуна, јер постоји могућност да неки ниво ризика није разматран. Од великог је значаја да истраживач разуме сложену природу људске грешке у комплексним системима и да је свестан свих узрока који доприносе настанку људских грешака које утичу на ниво ризика унутар система. Намена система класификације грешака у процедури идентификације је да помогне истраживачу да поуздано идентификује највећи број људских грешака и поступака који могу нарушити нормално функционисање система. Ако је класификациони систем непоуздан или недовољно свеобухватан, процена ризика система може бити нетачна (нпр. ниво ризика може бити потцењен).

Анализа људске грешке најзначајни је део у процени поузданости, јер ако је нека грешка изостављена, она неће бити разматрана и резултати могу озбиљно потценити ефекат људске грешке на посматрани систем. За правилну анализу људске грешке потребно је обезбедити адекватне податке, квалитетну обраду информација и правилно повезивање различитих база података. Индустијске студије о акцидентима идеалан су извор података о људским грешкама, али многи разлози отежавају добијање таквих података. Због тога се за процену људских грешака најчешће користе методе које су засноване на експертском оцењивању.

Услед актуелизације проблема безбедности и ризика технолошких система, проучавање квалитета рада људи и формирање јединствене методологије за идентификацију, квантификацију и редукцију људских грешака постало је неопходно. Методе за процену људске поузданости могу се користити ретроспективно, у анализи акцидентата, или, чешће, да се проспективно испита систем. Већина метода је чврсто утемељена на системском приступу који сагледава људски допринос ширим техничким и организационим контекстима. Сврха је испитивање задатака, процеса, система или организационе структуре у којој може бити недостатака или осетљивости на грешке, а не проналажење грешака или означавање криваца. Сваки систем у коме може да се појави људска грешка може се анализирати помоћу метода за процену људске поузданости, што у пракси значи готово сваки процес у коме људи учествују. Методе за процену људске поузданости имају велики потенцијал за предвиђање могућих грешака у циљу спречавања акцидентата, као и код анализе већ насталих акцидентата, ради откривања узрока. Постоји велики број метода за процену људских грешака и оне се хронолошки разврставају у три генерације. Све ове методе имају своје предности и ограничења у примени, и врло је тешко издвојити неку као најбољу. Већина метода је развијена за употребу у специфичним областима, најчешће при пројектовању постројења у нуклеарној индустрији.

При конципирању садржаја ове публикације идеја аутора је била да се кроз анализу различитих метода за процену људске поузданости укаже на њихове сличности, разлике и условљености, да се на једном месту обједине и систематизују најзначајније методе за процену људске поузданости, као и да се сублимирају

вишегодишња истраживања у овој области на нашим образовним просторима, у научној области Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду. Следећи ову идеју, материја у књизи обрађена је кроз седам поглавља: Уводна разматрања, Теорије о акцидентима и људским грешкама, Поузданост оператера и система „човек-машина“, Основне фазе у процени људске поузданости, Методе за процену људске поузданости, Студије случаја, Закључна разматрања.

У првом поглављу, *Уводна разматрања*, истраживачка интересовања фокусирана су на одређивање и дефинисање основних појмова и термина који се користе у процени људске поузданости, а изложен је и преглед библиографске анализе о истраживањима људских грешака у свету и код нас.

У другом поглављу, *Теорије о акцидентима и људским грешкама*, истакнут је значај до сада развијених теорија које се користе за анализу људског фактора у настанку акцидентата и дат је приказ одређених теорија о људским грешкама, ради анализе узрока и механизма њиховог настајања. Указано је на основне дистинкције међу поменутиим теоријама, како би се утемељила неопходна теоријска платформа која је разматрана у наставку текста.

Како на поузданост и безбедност техничких система често доминантно утичу руковоаци/оператери, у трећем поглављу, *Поузданост оператера и система „човек-машина“*, анализирани су основни показатељи поузданости оператера, као и фактори који утичу на поузданост човека у систему „човек-машина“.

Четврти део публикације, *Основне фазе у процени људске поузданости*, елаборира основне теоријске и методолошке поставке у процени људске грешке и концепцијски обликује основне фазе у процени људске поузданости: препознавање људске грешке, представљање људске грешке, квантификација људске грешке и ублажавање људске грешке.

Анализа релевантне литературе упућује на закључак да је људски фактор доминантан узрочник акцидентата у радној и животној средини. Међутим, и у случајевима када људски фактор није доминантан, препознате су улоге и значај људских грешака у процењивању опасности и ризика у системима за које се уобичајено и везују ови појмови (у индустријским системима високе технологије, укључујући нуклеарна, хемијска, електроенергетска и

слична постројења). Полазећи од изложених чињеница и сазнања, у петом поглављу, *Методe за процену људске поузданости*, дат је приказ релевантних метода које се примењују ради идентификације, квантификације и редукције људских грешака. Методе на које је посебно фокусирана истраживачка пажња су: студија операбилности и опасности проузрокованих људском грешком; системско предвиђање и редукција људске грешке; метода процене апсолутне вероватноће; метода индекса вероватноће успеха; метода за предвиђање нивоа људске грешке; метода процене и редукције људске грешке; метода парног поређења; систем менаџмента људске поузданости; метода анализе когнитивне поузданости и когнитивне грешке; процена поузданости нуклеарних активности, као и методе за редукцију људских грешака.

У шестом поглављу, *Студије случаја*, приказана је практична примена најчешће коришћених метода за процену људске поузданости. Намера аутора није била да фаворизује одређене методе, већ да сублимира вишегодишња истраживања на пољу процене људске поузданости и да широј јавности понуди један користан садржај који се односи на процену људских грешака на нашим просторима.

Методолошки оквир за процену људске поузданости, који је формиран и практично потврђен у Електропривреди Србије, могуће је применити и у осталим индустријским делатностима. То би свакако допринело међусекторском унифицирању методологије за процену људске грешке, као саставног дела методологије за процену ризика. Аутор је мишљења да резултати изложених истраживања могу бити од користи тимовима за процену ризика, институцијама и стручњацима који се баве безбедношћу и здрављем на раду, руководством предузећа, али и запосленима, у настојању да се смањи могућност настанка људских грешака. Такође, резултати истраживања могу бити добра полазна основа за даљу анализу проблема процене људских грешака у различитим индустријским секторима, али и смерница за даље проучавање ове научне проблематике.

У седмом, завршном поглављу, под називом *Закључна разматрања*, истакнута је вредност синергије метода кроз различите фазе процеса процене људске поузданости. Након вишегодишњих истраживања, аутор је мишљења да само синергетска примена метода може омогућити идентификацију грешака у истраживаним

системима, процену вероватноће настанка људских грешака и увођење адекватних мера за њихову редукцију. У овом поглављу такође су назначени будући трендови у развоју метода за процену људске поузданости.

На крају публикације дат је преглед коришћене литературе, при чему су референце аутора из области процене људске поузданости посебно издвојене.

Кључне речи: људска грешка, акцидент, ризик, ванредна ситуација, фактори обликовања учинка, процена људске поузданости, анализа људске грешке, идентификација људске грешке, вероватноћа људске грешке, квантификација људске грешке, редукција људске грешке, студија операбилности и опасности проузрокованих људском грешком, системско предвиђање и редукција људске грешке, метода процене апсолутне вероватноће, метода индекса вероватноће успеха, метода за предвиђање нивоа људске грешке, метода процене и редукције људске грешке, метода парног поређења, систем менаџмента људске поузданости, метода анализе когнитивне поузданости и когнитивне грешке, процена поузданости нуклеарних активности, студија случаја, синергија метода.

HUMAN RELIABILITY ASSESSMENT

SUMMARY

In recent years, human errors have been intensively investigated as an important element of the quality and safety of technical systems functioning. These days, we are facing the development of new disciplines such as – Human Reliability Assessment/Analysis (HRA), Human Factors Engineering (HFE), and Human Error Analysis (HEA) – and each and every one of them provides basic methodologies for the study of human error.

In high-risk sectors, such as nuclear, aviation and petrochemical industries, up to individual SMEs, there was the need to analyze the methods for human error assessment, along with the risk assessment methods pertaining to entire systems. An analysis of the complex systems in diverse industrial and service industries has revealed that human error is the most frequent cause of all accidents in the workplace and environment (over 90% of accidents in the nuclear industry, over 80% in the chemical and petrochemical industries, over 75% in maritime industry, over 70% in aviation accidents, 70 - 90% in road transport, over 70% in anesthesiology, over 65% in maintenance in various industries, etc.). For this reason, the role of humans in accident dynamics should be undoubtedly taken into account during the risk assessment process in order to ensure the prevention of hazardous events. Research into the causes and consequences of human errors in various industries, their quantification, as well as exploring the possibilities to mitigate or avoid them with the aim to ensure safe work, has a particular social and scientific justification and relevance.

A complete and universally accepted taxonomy of different types of human errors and their causes does not exist, because human error analysis is an interdisciplinary field of research not yet well defined. Human Errors (HE) are unintentional actions or activities that result in

deviations from expected standards or norms, which place people, equipment, and the system at risk. However, it is very difficult to formulate a comprehensive definition of human errors, since they are often the result of a complicated series of events. According to the traditional approach, human error is the cause of failure in system functions and the cause of an accident, whereas the contemporary approach assumes that human error reflects the deeper trouble inside the system and is the result of complex relationships between people, tools, tasks and workplace environment. Therefore, the majority of researchers who investigate the HRA issues agree that the errors made by human beings are a specific outcome of their actions or character traits. The nature of the operator's activities depends on many factors, referred to as "Performance Shaping Factors" (PSFs). Performance Shaping Factors influence human behaviour and decision-making process. Since human error is one of the manifestations of human behaviour, it is believed that PSFs also incorporate the causes of error. Therefore, Performance Shaping Factors can both increase and decrease the likelihood of human error, depending on the personality traits, the environment, the organization at work, the complexity of the tasks, and similar.

Each assessment of human error conducted without a suitable classification and categorization is incomplete since there is a possibility that a certain level of risk might not have been considered. It is of utmost importance that the assessor understands the complicated nature of the human error in complex systems and is aware of all the causes that lead to human errors, which again influence the level of risk inside the system. The purpose of an error classification system in an identification procedure is to help the assessor reliably identify the multitude of human errors and actions that may compromise the normal system functioning. If the classification system is unreliable or not sufficiently comprehensive, then the system risk assessment may be incorrect (e.g. the level of risk may be underestimated).

Human Error Analysis is the most significant part in Human Reliability Assessment because if an error is omitted at this stage it will not appear in the analysis, which may seriously underestimate the effect of human error on the observed system. For correct Human Error Analysis, it is necessary to supply adequate data, quality information processing and the relationship between different databases. Studies of industrial accidents are a valuable source of information about human errors; however, there are many obstacles to obtaining this kind of

information. For that reason, the methods which rely on expert judgment are widely used for HRA.

Due to the emerging safety and risks issues in technological systems, the study of the work quality and the development of a unique methodology for the identification, quantification, and reduction of human errors has become imperative. In accident analysis, the HRA methods can be used retrospectively, or, more often, for prospective system analysis. Most methods are firmly rooted in a systems approach in which human contribution to the broader technical and organizational framework is visible. The purpose is to examine a task, a process, a system, or an organizational structure that may be defective or susceptible to error, rather than finding errors or identifying wrongdoers. Each system in which human error can happen could be analyzed using the HRA methods, which in practice means almost all processes that involve human participants. HRA methods have great potential for predicting errors with the aim to prevent accidents, as well as for analyzing accidents that have already happened and find out their causes. There is a variety of HEA methods which are classified into three generations following the chronological order. When it comes to their application, all these methods have advantages and disadvantages and it is rather difficult to single out the best one. Majority of methods have been developed for use in specific fields, most often in case of nuclear plant design.

The content of this publication reflects the author's idea to illustrate the similarities, differences and conditionality between various HRA methods by analyzing them; to collect and systematize the most relevant HRA methods in one place; and, finally to compile the years of research in this area in Serbian education, especially in the scientific field of Environmental Engineering and Occupational Safety. Following this idea, the book covers seven chapters: *Introductory Remarks*, *Theories of Accidents and Human Errors*, *Reliability of Operators and Man-Machine Systems*, *Basic Stages in Human Reliability Assessment*, *Human Reliability Assessment Methods*, *Case Studies*, and *Concluding Remarks*.

In the first chapter, *Introductory Remarks*, the research interests are focused on defining basic terms used in human reliability assessment. Also, a bibliographic analysis of research on human errors worldwide and in our country was presented.

The second chapter, *Theories of Accidents and Human Errors*, highlights the significance of the so far developed theories used to

analyze the human factor in the occurrence of accidents, and provides an overview of certain HE theories in order to analyze the causes and mechanisms of their occurrence. The chapter points to the distinction between the theories in order to set up a necessary theoretical framework that will be discussed in later chapters.

Since the reliability and safety of technical systems are often predominantly influenced by operators, the third chapter, *Reliability of Operators and Man-Machine Systems*, analyzes the basic indicators of operator reliability as well as the factors that affect human reliability in the Man-Machine System.

The fourth chapter in this publication, *Basic Stages in Human Reliability Assessment*, elaborates the basic theoretical and methodological assumptions in HEA and conceptually shapes the basic stages in HRA, such as Human Error Identification, Human Error Presentation, Human Error Quantification, and Human Error Mitigation.

An analysis of the relevant literature suggests that the human factor is the dominant cause of accidents in the workplace and the environment. However, even in cases where the human factor is not dominant, the roles and the significance of human errors in assessing hazards and risks in the systems commonly associated with these concepts have been observed (e.g. in high-tech industrial systems, including nuclear, chemical, power and similar plants). Starting from the facts and findings presented, chapter five, *Human Reliability Assessment Methods*, provides an overview of the relevant methods used to identify, quantify and reduce human errors. The following methods are of special interest to the researchers: Human Hazard and Operability Study; Systemic Human Error Reduction and Prediction Approach; Absolute Probability Judgement; Success Likelihood Index Method; Technique for Human Error Rate Prediction; Human Error Assessment and Reduction Technique; Paired Comparisons; Human Reliability Management System; Cognitive Reliability and Error Analysis Method; Nuclear Action Reliability Assessment, as well as some other methods for human error reduction.

Chapter six, *Case Studies*, describes the practical application of commonly used HRA methods. The intention of the author was not to favour certain methods, but to compile the years of research in the field of human reliability assessment and to offer useful subject matter for HEA in the Serbian region.

The methodological framework for human reliability assessment, which was created and practically validated by the Electric Power Industry of Serbia, can be applied in other industrial activities as well. This would certainly contribute to the cross-sectoral unification of the HEA methodology which is an integral part of the risk assessment methodology. The author believes that the results of the research presented may be beneficial to risk assessment teams, institutions and experts in the field of occupational safety and health, but also to company executives and employees, all with the aim to reduce the possibility of human errors. Besides, the research results can be a good starting point for further analysis of HEA in different industrial sectors, as well as a guideline for further study of this scientific issue.

The seven, final chapter, entitled *Concluding Remarks*, highlights the significance of the synergy of methods, through various stages of the HRA process. After years of research, the author concluded that only Synergy Methods can facilitate the error identification in the investigated systems, human error probability assessment and the introduction of adequate measures for their reduction. This chapter also outlines future trends in the development of HRA methods.

At the end of the publication, there is a literature review, with the authors' key references in the field of human reliability assessment.

Keywords: Human Error, Accident, Risk, Emergency Situation, Performance Shaping Factors, Human Reliability Assessment, Human Error Analysis, Human Error Identification, Human Error Probability, Human Error Quantification, Human Error Reduction, Human Hazard and Operability Study, Systemic Human Error Reduction and Prediction Approach, Absolute Probability Judgement, Success Likelihood Index Method, Technique for Human Error Rate Prediction, Human Error Assessment and Reduction Technique, Paired Comparisons, Human Reliability Management System, Cognitive Reliability and Error Analysis Method, Nuclear Action Reliability Assessment, Case Study, Synergy Methods.

СКРАЋЕНИЦЕ

| | | |
|------------------|--|--|
| ANOVA | <i>Analysis of Variance</i> | Анализа варијансе |
| APJ | <i>Absolute Probability Judgement</i> | Процена апсолутне вероватноће |
| APOA | <i>Assessed Proportion of Affect</i> | Процењена размера утицаја |
| ASEP | <i>Accident Sequence Evaluation Programme</i> | Програм за евалуацију секвенце акцидентата |
| ATHEANA | <i>A Technique for Human Error Analysis</i> | Техника за анализу људске грешке |
| CAHR | <i>Connectionism Assessment of Human Reliability</i> | Конекционистички приступ процени људске поузданости |
| CES | <i>Cognitive Environmental Simulation</i> | Когнитивна симулација окружења |
| CFE | <i>Cognitive Function Failure</i> | Отказ когнитивне функције |
| CoCoM | <i>Contextual Control Model</i> | Модел контекстуалног управљања |
| COSMO | <i>The Contingent Operator Stress Model</i> | Модел потенцијалног стреса оператера |
| CPCs | <i>Common Performance Condition</i> | Општи (заједнички) услови перформанси/учинка |
| CREAM | <i>Cognitive Reliability and Error Analysis Method</i> | Метода анализе когнитивне поузданости и когнитивне грешке |
| EEM | <i>External Error Mechanism/Model</i> | Механизам/Модел спољашње грешке |
| EF | <i>Error Factors</i> | Фактори грешке |
| EPC _s | <i>Error Producing Conditions</i> | Услови за настанак грешке |
| EPS-APJ | - | Софтверски алат за подршку одлучивању развијен за процену људских грешака у Електропривреди Србије |
| ERM | <i>Error Reduction Mechanisms</i> | Механизми за редуцију грешке |
| ERS | <i>Error Reduction Strategies</i> | Стратегије за редуцију грешке |
| ETA | <i>Event Tree Analysis</i> | Анализа стабла догађаја |
| FTA | <i>Fault Tree Analysis</i> | Анализа стабла отказа |
| GEMS | <i>Generic Error Modelling System</i> | Генерички систем моделирања грешке |
| GTT | <i>Generic Task Type</i> | Општи типови задатака |
| HAZOP | <i>Hazard and Operability Study</i> | Студија опасности и операбилности |
| HCR | <i>Human Cognitive Reliability</i> | Поузданост људске когнитивности |
| HE | <i>Human Error</i> | Људска грешка |
| HEA | <i>Human Error Analysis</i> | Анализа људске грешке |

| | | |
|--------------------|---|---|
| HEART | <i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i> | Метода (техника) процене и редукције људске грешке |
| HEP | <i>Human Error Probability</i> | Вероватноћа људске грешке |
| HFE | <i>Human Factor Engineering</i> | Инжењеринг људског фактора |
| HRA | <i>Human Reliability Assessment/ Analysis</i> | Процена/Анализа људске поузданости |
| HRMS | <i>Human Reliability Management System</i> | Систем менаџмента људске поузданости |
| HSI | <i>Human System Interface</i> | Интерфејс људи и система |
| HTA | <i>Hierarchical Task Analysis</i> | Хијерархијска анализа задатка |
| Human HAZOP | <i>Human HAZard and OPERability Analysis</i> | Студија операбилности и опасности проузрокованих људском грешком |
| IDA | <i>Influence Diagrams Approach</i> | Приступ дијаграма утицаја |
| IMAS | <i>Influence Modelling and Assessment System</i> | Систем за моделирање и процену утицаја |
| JEHDI | <i>Justification of Human Error Data Information</i> | Оправданост података и информација о људским грешкама |
| LCA | <i>Life Cycle Analysis</i> | Анализа животног циклуса |
| MERMOS | <i>Méthode d'Evaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sécurité</i> <i>Assessment Method for the Performance of Safety Operation</i> | Метода процене перформанси безбедног рада |
| NARA | <i>Nuclear Action Reliability Assessment</i> | Процена поузданости нуклеарних активности |
| OHA | <i>Operating and Support Hazard Analysis</i> | Оперативна анализа опасности |
| PC | <i>Paired Comparisons</i> | Парна поређења |
| PDCA | <i>Plan–Do–Check–Act</i> | Планирај–Уради–Провери–Поступи |
| PEM | <i>Psychological Error Mechanism/Model</i> | Механизам/Модел психолошке грешке |
| PFD _{avg} | <i>Probability of Failure on Demand</i> | Вероватноћа отказа по захтеву |
| PHECA | <i>Potential Human Error Causes Analysis</i> | Анализа потенцијалих узрока људске грешке |
| PHOENIX | <i>The Prediction of Human Operator Error using Numerical Index eXtrapolation</i> | Предвиђање грешке оператера употребом екстраполације нумеричких индекса |
| POA | <i>Proportions of Affect</i> | Размере утицаја |
| PRA | <i>Probabilistic Risk Analysis/ Assessment</i> | Анализа/Процена вероватноће ризика |
| PSA | <i>Probabilistic Safety Assessment</i> | Процена вероватноће безбедности |
| PSFs | <i>Performance Shaping Factors</i> | Фактори обликовања учинка |

| | | |
|-----------|--|--|
| R/M | <i>The Recognition/Meta-recognition model</i> | Модел препознавања/мета-препознавања |
| RARA | <i>Railway Action Reliability Assessment</i> | Процена поузданости железничких активности |
| RRF | <i>Risk Reduction Factor</i> | Фактор редукције ризика |
| SCHEMA | <i>System for Critical Human Error Management Analysis</i> | Систем за анализу управљања критичним људским грешкама |
| SHERPA | <i>Systemic Human Error Reduction and Prediction Approach</i> | Системско предвиђање и редукција људске грешке |
| SIF | <i>Safety Instrumented Function</i> | Сигурносно инструментална функција |
| SIL | <i>Safety Instrumented Level</i> | Сигурносно инструментални ниво |
| SKR | <i>Skill-Rule-Knowledge</i> | Вештина-правило-знање |
| SLI | <i>Success Likelihood Index</i> | Индекс вероватноће успеха |
| SLIM | <i>Success Likelihood Index Method</i> | Метода индекса вероватноће успеха |
| SLIM MAUD | <i>Success Likelihood Index Method using Multi-Attribute Utility Decomposition</i> | Метода индекса вероватноће успеха коришћењем више атрибутивне теорије корисности |
| SLMV | <i>Slips, Lapse, Mistakes, Violations</i> | Омашке, лапсуси, пропусти, кршења |
| SPAR-H | <i>Simplified Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment</i> | Поједностављена процена људске поузданости у анализи ризика постројења |
| TA | <i>Task Analysis</i> | Анализа задатка |
| TESEO | <i>Tecnica Empirica Stima Errori Operatori</i> | Емпиријска техника за процену грешке оператера |
| THERP | <i>Technique for Human Error Rate Prediction</i> | Метода (техника) за предвиђање нивоа људске грешке |
| TOP | <i>Top Event</i> | Вршни (главни) „топ“ догађај |
| WA | <i>Work Analysis</i> | Анализа рада |

САДРЖАЈ

| | |
|--|-------------|
| ПРЕДГОВОР | i |
| РЕЗИМЕ | iii |
| СКРАЋЕНИЦЕ | xiv |
| САДРЖАЈ | xvii |
| 1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА | 1 |
| 1.1. Библиографска анализа о истраживањима људских грешака | 5 |
| 2. ТЕОРИЈЕ О АКЦИДЕНТИМА И ЉУДСКИМ ГРЕШКАМА | 13 |
| 2.1. ТЕОРИЈЕ О АКЦИДЕНТИМА | 13 |
| 2.1.1. Теорија „Ледени брег“ | 14 |
| 2.1.2. Теорија безбедносних проблема | 15 |
| 2.1.3. SHELL теорија | 16 |
| 2.1.4. Организациона теорија | 17 |
| 2.1.5. Теорија чисте шансе | 17 |
| 2.1.6. Теорија неједнаке почетне одговорности | 18 |
| 2.1.7. Теорија стреса | 18 |
| 2.1.8. Теорија будности | 19 |
| 2.1.9. Психоаналитичке теорије | 19 |
| 2.1.10. Епидемиолошко-ергономска теорија | 19 |
| 2.1.11. Теорија домина | 20 |
| 2.2. ТЕОРИЈЕ О ЉУДСКИМ ГРЕШКАМА | 22 |
| 2.2.1. Теорија Шифрина и Шнајдера | 23 |
| 2.2.2. Бродбентова меморијска теорија | 23 |
| 2.2.3. Теорија Нормана и Шалица | 24 |
| 2.2.4. Барова теорија | 24 |
| 2.2.5. Кардова теорија | 25 |
| 2.2.6. Андерсонова теорија | 25 |
| 2.2.7. Берлинерова теорија | 25 |
| 2.2.8. Расмусенова теорија | 27 |
| 2.2.9. Ризонов генерички систем моделирања грешке | 31 |
| 2.2.10. Ризонова теорија активне и латентне грешке | 32 |
| 2.2.11. Кируанова теорија | 37 |
| 3. ПОУЗДАНОСТ ОПЕРАТЕРА И СИСТЕМА „ЧОВЕК-МАШИНА“ | 39 |
| 3.1. АНАЛИЗА ЉУДСКОГ ФАКТОРА У СИСТЕМУ „ЧОВЕК-МАШИНА“ | 40 |
| 3.2. ПОКАЗАТЕЉИ ПОУЗДАНОСТИ ОПЕРАТЕРА | 46 |
| 3.3. ПОУЗДАНОСТ СИСТЕМА „ЧОВЕК-МАШИНА“ | 53 |

| | |
|---|------------|
| 4. ОСНОВНЕ ФАЗЕ У ПРОЦЕНИ ЉУДСКЕ ПОУЗДАНОСТИ..... | 57 |
| 4.1. ПРЕПОЗНАВАЊЕ ЉУДСКЕ ГРЕШКЕ | 57 |
| 4.1.1. <i>Анализа задатка</i> | 59 |
| 4.1.2. <i>Анализа људске грешке</i> | 64 |
| 4.1.2.1. Идентификација људске грешке..... | 69 |
| 4.1.3. <i>Природа људских грешака</i> | 71 |
| 4.1.3.1. Анализа фактора обликовања учинка..... | 72 |
| 4.1.3.2. Управљање факторима обликовања учинка..... | 76 |
| 4.1.4. <i>Валидација комплексних задатака</i> | 78 |
| 4.2. ПРЕДСТАВЉАЊЕ ЉУДСКЕ ГРЕШКЕ..... | 85 |
| 4.2.1. <i>Анализа стабла отказа</i> | 85 |
| 4.2.1.1. Значај и подручје примене FTA..... | 86 |
| 4.2.1.2. Методологија FTA | 87 |
| 4.2.1.3. Квалитативна анализа стабла отказа..... | 91 |
| 4.2.1.3.1. Формирање минималних скупова пресека..... | 93 |
| 4.2.1.3.2. Формирање минималних скупова стаза..... | 96 |
| 4.2.1.4. Квантитативна анализа стабла отказа..... | 98 |
| 4.2.1.4.1. Анализа минималних скупова пресека..... | 99 |
| 4.2.1.4.2. Анализа „капија по капија“..... | 100 |
| 4.2.1.4.3. Симулација Monte Carlo..... | 105 |
| 4.2.1.5. Предности и ограничења FTA | 106 |
| 4.2.2. <i>Анализа стабла догађаја</i> | 107 |
| 4.2.2.1. Значај и подручје примене ETA | 108 |
| 4.2.2.2. Методологија ETA | 109 |
| 4.2.2.3. Предности и ограничења ETA | 114 |
| 4.2.3. <i>Проверавање значајности грешке</i> | 115 |
| 4.3. КВАНТИФИКАЦИЈА ЉУДСКЕ ГРЕШКЕ..... | 116 |
| 4.3.1. <i>Метод експертских оцена</i> | 121 |
| 4.3.2. <i>Узроци и механизми настанка грешке</i> | 123 |
| 4.3.3. <i>Базе података о људским грешкама</i> | 128 |
| 4.3.4. <i>Проверавање утицаја грешке</i> | 132 |
| 4.4. УБЛАЖАВАЊЕ ЉУДСКЕ ГРЕШКЕ | 132 |
| 4.4.1. <i>Редуkcија грешке</i> | 133 |
| 4.4.2. <i>Осигурање квалитета</i> | 137 |
| 4.4.3. <i>Документација</i> | 137 |
| 5. МЕТОДЕ ЗА ПРОЦЕНУ ЉУДСКЕ ПОУЗДАНОСТИ..... | 139 |
| 5.1. МЕТОДЕ ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ ЉУДСКИХ ГРЕШАКА..... | 139 |
| 5.1.1. <i>Анализа опасности и операбилности</i> | 139 |
| 5.1.1.1. Студија операбилности и опасности прозрокованих људском грешком..... | 142 |
| 5.1.2. <i>Системско предвиђање и редуkcија људске грешке</i> | 147 |
| 5.2. МЕТОДЕ ЗА КВАНТИФИКАЦИЈУ ЉУДСКИХ ГРЕШАКА | 152 |
| 5.2.1. <i>Процена апсолутне вероватноће</i> | 153 |
| 5.2.2. <i>Метода индекса вероватноће успеха</i> | 158 |
| 5.2.3. <i>Метода за предвиђање нивоа људске грешке</i> | 163 |

| | |
|--|------------|
| 5.2.4. Метода процене и редукције људске грешке..... | 171 |
| 5.2.5. Метода парног поређења..... | 178 |
| 5.2.6. Систем менаџмента људске поузданости | 184 |
| 5.2.7. Метода анализе когнитивне поузданости и когнитивне грешке..... | 191 |
| 5.2.8. Процена поузданости нуклеарних активности..... | 203 |
| 5.3. МЕТОДЕ ЗА РЕДУКЦИЈУ ЉУДСКИХ ГРЕШАКА..... | 208 |
| 5.3.1. Примена когнитивних стратегија за повећање поузданости оператера | 208 |
| 5.3.1.1. Узроци и фактори стреса на раду и могуће последице | 208 |
| 5.3.1.2. Извори стреса на раду..... | 213 |
| 5.3.1.3. Управљање стресом | 216 |
| 5.3.1.4. Когнитивне стратегије | 217 |
| 6. СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА | 225 |
| 6.1. ДЕФИНИСАЊЕ ПРОБЛЕМА ИСТРАЖИВАЊА | 225 |
| 6.2. ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА МЕТОДЕ <i>APJ</i> | 234 |
| 6.3. ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА МЕТОДЕ <i>SLIM</i> | 241 |
| 6.4. ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА МЕТОДЕ <i>THERP</i> | 246 |
| 6.5. ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА МЕТОДЕ <i>HEART</i> | 251 |
| 6.6. КОМПАРАЦИЈА МЕТОДА <i>THERP</i> , <i>HEART</i> , <i>APJ</i> И <i>SLIM</i> | 256 |
| 6.7. ПРИМЕНА СОФТВЕРСКОГ АЛАТА <i>EPS-APJ</i> У <i>HRA</i> | 268 |
| 6.8. ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА МЕТОДЕ <i>SHERPA</i> | 279 |
| 7. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА..... | 291 |
| 7.1. СИНЕРГИЈА МЕТОДА | 291 |
| 7.2. ТРЕНДОВИ РАЗВОЈА МЕТОДА ЗА ПРОЦЕНУ ЉУДСКЕ ПОУЗДАНОСТИ..... | 293 |
| 7.2.1. Формирање нових методолошких приступа..... | 294 |
| 7.2.2. Анализа ефикасности коришћења ресурса | 299 |
| 7.2.3. Применљивост у новим подручјима рада..... | 300 |
| 7.2.4. Применљивост у новим индустријским областима | 301 |
| ЛИТЕРАТУРА..... | 305 |
| ИНДЕКС ПОЈМОВА | 327 |
| БИОГРАФИЈА АУТОРА | 331 |

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

005.962.131
331.108.43
005.334

СТОЈИЉКОВИЋ, Евица, 1976-

Процена људске поузданости / Евица И. З. Стојиљковић. -
Ниш: Факултет заштите на раду, 2020 (Ниш : Пунта). - граф.
прикази, табеле, XIX, 331 стр.; 25 cm

Ауторкина слика. - Тираж 200. - Напомене и библиографске
референце уз текст. - Библиографија: стр. 305-326. - Summary:
Human reliability assessment. - Регистар.

ISBN 978-86-6093-090-5

- а) Људски потенцијал -- Поузданост -- Процена
- б) Управљање ризиком

COBISS.SR-ID 282656268