

Наставно научно већу Факултета инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу

Бр. 04-1/3751

15.10. 20²⁰ год.
КРАГУЈЕВАЦ

У складу са одредбама Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Службени гласник РС", бр. 24/2016 и 21/2017) подносим

ЗАХТЕВ

За пријаву техничког решења, под називом "Мобилна апликација Safe-Tag за управљање небезбедним условима и небезбедним поступцима у реалном времену у малим и средњим предузећима", које припада категорији М82- Ново техничко решење примењено на националном нивоу.

Аутори техничког решења су: др Арсо Вукићевић, научни сарадник; др Иван Мачужић, ванредни професор; др Марко Ђапан, доцент; Марија Савковић, истраживач-приправник и др Миладин Стефановић, редовни професор.

У прилогу достављам:

1. Документацију предложеног техничког решења
2. Рад публикован у истакнутом међународном часопису (М 21) Arso M Vukicevic, Marko Djapan, Miladin Stefanovic, Ivan Macuzic. Safe-Tag mobile: A novel javascript framework for real-time management of unsafe conditions and unsafe acts in SMEs. Safety Science. Vol 120, pp. 507-516, DOI: 10.1016/j.ssci.2019.07.024.", којим су верификовани резултати техничког решења
3. Доказ о коришћењу предложеног техничког решења у предузећу Машинг
4. Компакт диск са електронском верзијом претходна три документа из прилога.

28.09.2020.године,

у Крагујевцу

подносилац захтева





PRODUCTION AND REPAIR OF MACHINES, DEVICES AND TOOLS
INDEPENDENT CRAFT SHOP

MAŠING
ŽIVADIN PAVLOVIĆ ENTREPRENEUR

Dragoslava Stefanovića 34, Kragujevac
Tel./Fax: + 381 (034) 383-118: 30-20-30
e-mail: masing@ptt.rs; www.masing.rs
ID number: 52254795
Account number: 160-24499-08
VAT: 101509043

САМОСТАЛНА САНАТОСКА РАДЊА
" МАШИЊ "
Број / 012/20
Дана 14.09. 2020. год.
КРАГУЈЕВАЦ

Tehničko rešenje Mobilna aplikacija za upravljanje nebezbednim postupcima u realnom vremenu koje je realizovano u saradnji centra za terotehnologiju Fakulteta inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu i preduzeća Mašing je primenjeno u preduzeću Mašing, kao rezultat Nacionalnog projekta koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja pod nazivom "Inteligentni sistemi za razvoj softverskih proizvoda i podršku poslovanja zasnovani na modelima", broj projekta II 44010.

Tehničko rešenje autora (imena su priložena u predlogu dokumentacije tehničkog rešenja) je originalno, i doprinos njegove primene se ogleda u digitalizaciji izveštaja o nebezbednim uslovima i nebezbednim postupcima na radnom mestu.

Potvrda se izdaje kao deo dokumentacije za prijavu tehničkog rešenja.

Datum

14.09.2020

Direktor

Živadin Pavlović dipl.maš.ing




Safe-Tag mobile: A novel javascript framework for real-time management of unsafe conditions and unsafe acts in SMEs

Arso M. Vukicevic*, Marko Djapan, Miladin Stefanovic, Ivan Macuzic

Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Sestre Janjic 6, 3400 Kragujevac, Serbia

ARTICLE INFO

Keywords:

Safety 4.0
Reports
Management
Unsafe conditions
Unsafe acts
Open-source

ABSTRACT

Nowadays industries have initiative to reduce a number of production injuries and accidents down to zero. This goal could be achieved only through the proactive identification of accident precursors – such as unsafe conditions (UC) and unsafe acts (UA), whose control could prevent occurrence of accidents. At the same time, smartphones (and mobile applications) are taking dominance over PCs, making mobile devices major interface for human interaction with the web. In this term, application of mobile devices in OSH remains to be more exploited and accepted. Taken into account these trends, the present study aims to propose a novel cloud-based mobile framework for the management of UC/UA reports. Compared to previous studies, we considered the recent trends of mobile, cloud and Safety 4.0 in more details – ending up with the solution that is the combo of JavaScript technologies. Additionally, we provided a publically available use case named the Safe-Tag. Particularly, the Safe-Tag was implemented using the React Native for mobile application, Node.js for web-services and Mongo.db NoSQL cloud database. Beside elaborated computational efficiency, these technologies were found as the most optimal in terms of the cost/complexity to develop and/or adapt in an arbitrary SME. It is concluded that the proposed framework brings benefits for both employees and employers through: (1) intuitive and user friendly identification of key safety performance indicators; (2) digitalization and improvement of safety reporting systems; (3) improvement of safety culture; (4) better understanding and measurement of worker's contribution to safety; and (5) making the technology affordable.

1. Introduction

Although there is no strict definition of the term Industry 4.0 (I4.0), it generally refers to a transformation of the global industry driven by ongoing technological advances. In the last five years, the major driving forces of the I4.0 are digitalization, artificial intelligence (AI) and internet of things (IoT) – which make devices and assets of nowadays companies more than ever automatized, smart and connected. Beside the fact that majority of the progress is related to the automation of manufacturing, it is known that shifting towards the I4.0 paradigm will change the way how companies perform everyday activities as well. Consequently, it is more precise to talk about the I4.0 branches, such as: Quality 4.0 (Gunasekaran et al., 2019), Maintenance 4.0 (Kans et al., 2016), Safety 4.0 (Badri et al., 2018), Operator 4.0 (Romero et al., 2018), etc. In the core of all I4.0 branches is the adaptation of innovative technologies, mainly ICT, through (Xu et al., 2018): digitalization and integration of all product life cycle phases (Lu, 2017);

monitoring and control of physical systems and processes (Lee et al., 2015); networking of machines, machines and employees, as well as customers and suppliers (Riaz et al., 2006; Teimourikia and Fugini, 2017); simulation, modeling and virtualization of design and production processes (Duffy et al., 2003); sensing, acquisition and analysis of big data through cloud systems (Zou et al. 2017a, 2017b). Since all authors agree that, beside all incoming advances, humans will still remain in the center of I4.0, it is clear that reaching the Safety 4.0 is an important step of the I4.0 shifting. For this reason, more research need to be invested in order to identify how I4.0 concepts (big data, cloud, AI, IoT and data visualization) could improve the safety management in industry practice.

1.1. Occupational safety and health management

The topic of safety management could be considered from various perspectives (Hollnagel, 2014). In this study, the focus is on the

* Corresponding author.

E-mail addresses: arso_kg@yahoo.com (A.M. Vukicevic), djapan@kg.ac.rs (M. Djapan), miladin@kg.ac.rs (M. Stefanovic), ivanm@kg.ac.rs (I. Macuzic).

occupational safety and health (OSH) with aim on improving safety, health and welfare of people at work. During the last decade, aims and safety criteria of the OSH have changed globally. Nowadays industries have initiative to reach the Zero¹ goal, as the most appropriate and desirable number of production injuries and accidents. Briefly, the “zero accidents companies” focus their attention on proactive identification of the accidents precursors, whose control should generally prevent accidents. According to the Heinrich’s pyramid, proactive identification of unsafe conditions (UC) and unsafe acts (UA) have the biggest impact on the safety (Heinrich, 1941). In general, detection and reporting of UA or UC are more intuitive tasks compared to perceiving near-miss events (Gnoni and Lettera, 2012). Commonly, this challenge is explained with differences in worker’s perception of a risk, which depends on his/her previous experience and safety trainings (Gnoni et al., 2013; Andriulo and Gnoni, 2014; Gnoni and Saleh, 2017; Winkler et al., 2019). In the recent study, UA and UC were defined as events precursors, which clearly differentiates them from possible accidents and near misses (Shin et al., 2014; Baldissone et al. 2018). Although definition and importance of UA and UC may vary with respect to a type of industry and/or company, some typical examples of UCs are: poor housekeeping, unsuitable working clothes for specific work activity, poor lighting, no guards provided, etc.; while examples of UA are: using defective equipment, operating equipment without authorization, removal of safety devices, leaving tools and equipment on an adequate place, etc. Although there are recommendations proposed within the regulatory standards,² management of the workplace safety in traditional manner has shown to be laboured³ and complex. Since UA and UC may vary from physical to digital, there are increasing demands for dedicated ICT solutions able to assist in proactive prevention of accidents through the digitalized management of safety reports.

Identification of OSH challenges represent the starting point for understanding how safety could be advanced by employing I4.0 principles. In literature, some authors proposed using: virtual environment (Deb et al., 2017), sensors for big data acquisition (Pilloni, 2018), RFID systems (Bauk et al., 2018), simulation and modeling (Golabchi et al., 2015) as well as wearable systems for improvement of the workplace safety (Wu et al., 2019). The most of these solutions are still developing and some of them need significant investments—which are major concerns of small and medium size enterprises (SME) (Stephen et al., 2015). This study puts emphasis on the SMEs needs because of the fact that they generate the most of the GDP and employment opportunities in developed countries. Thus, it was assumed that the wider impact would be achieved through covering their needs.

1.2. Related work and challenges of OSH and safety 4.0 management

Importance of continuous improvement of safety management systems (SMS) is elaborated by Li and Guldenmund (2018), where authors provided a detailed review of the topic and recommended key aspects that improve efficiency of a SMS. Bottani et al. (2009) reported that companies could significantly benefit from implementation of an efficient SMS. However, proper implementation largely depends on the correctness of the risk analysis as well as compliance with all relevant standards and regulations (Demichela et al., 2004). At the moment,

there are a series of recommended approaches for achieving higher safety level in companies (Harms-Ringdahl, 2004), which are emphasized in the rest of this paragraph. Wahlström and Rollenhagen (2014) identified the concept of MTOI (Man, Technology, Organization and Information) as the support for successful implementation of SMS. In another study, Grote defined various factors that influence the way how safety management system should be implemented and adapted to various types of companies (Grote, 2012). On the other hand, Bragatto et al. (2015) argued about misconception and misunderstanding between regulatory safety system and real conditions in the shop floor in small and medium enterprises. The same authors stated that the safety management system, as a concept, for the most of practitioners is the pure “paperwork” and it differs from real conditions that could jeopardize the field of OSH at work. Therefore, major challenges of OSH are how to digitalize and automatize the management process by employing ICT technologies.

Usage of cutting edge technology has been shown as valuable contribution to Safety 4.0 in different industry sectors. Remote devices, such as: *Arduino* microcontroller (Jung and Park, 2016), RFID (Wu et al., 2019) and wireless sensors (Aponte-Luis et al., 2018), mobile devices (Savaliya et al., 2015) are examples of successfully applied I4.0 trends into the industrial safety. At the moment, there are a number of commercially available safety-related software/systems based on using mentioned technologies. In literature, some authors raised concerns because commercial solutions are: hosted as third party solutions, nontrivial for customization, uneasy for the real-time communications on various mobile devices (Zou et al. 2017a, 2017b). From the SMEs viewpoint, most of these systems raise additional costs for incorporation of additional features, which are specific for their type and size of business (Sala et al., 2018). Since the most of SMEs have specific needs and lower budgets, compared to large companies that can afford complex ICT systems, our aim was to explore possibilities of employing smart devices and cloud technologies for improving the safety excellence. At the same time, we assumed that the key SMEs’ requirements are that solution should be generic, compact, adaptable and affordable (Stephen et al., 2015). In order to develop such framework, it was necessary to take care of the three issues discussed in the rest of this section.

The first issue is data transfer and storage. So far, the cloud technology has shown the biggest potential to improve the safety management. As the recent study suggested, dedicated cloud systems could significantly improve safety performances, concluding that they will be demanded from many industries in near future.

The second issue is data collection. Beside already mentioned, there is a number of solutions based on using wearable sensors (Nath et al., 2017; Schall et al., 2018). Bauk et al. suggested usage of RFID and PPE (Personal protective equipment) gadgets equipped with active/passive RFID devices (Bauk et al., 2018). Other authors also suggested similar approach based on using RFID and Bluetooth Low Energy (BLE) proximity sensing in order to improve workplace safety (Park et al., 2017). However, using wearable sensors to track OSH-related risk factors in workplaces have shown some barriers. In general, the most of them are related to employees’ privacy, confidentiality and compliance as well as to sensors’ cost/benefit ratio and battery durability (Schall et al., 2018). As a solution, some researchers suggested to collect data using Android-powered devices, which have useful built-in sensors (Szydło and Konieczny, 2016) and Wi-Fi for communication with attached or remote sensors.

The third issue is the selection of optimal hardware and software APIs, which should be used for implementation of the overall solution. In safety, mobile devices have been used for a while (Ibekwe et al., 2016). At the moment, there are specialized solutions for the safety management in the chemical inventory systems, occupational safety and ergonomics; smartphone-based illuminance measurement applications and its application in occupational lighting measurements. The roles of these applications are different, starting from learning up to

¹ Contemporary production philosophies, such are World Class Manufacturing (WCM), Lean production (Lean), Toyota Production System (TPS), all insists on reaching the ZERO injuries.

² ISO 9001 (quality management), ISO 14001 (environmental management) standards and OHSAS 18001 (Occupational Health & Safety Assessment Series) & OSHA VPP (Voluntary Protection Programs) certifications.

³ The safety management team involves on-site employees and management that collect and process safety reports. Despite UC and UA has gained a lot of attention in the field of occupational safety and health (OSH) in industry environment, state of the art approaches still assumes manual handling of paper documents – which is very time consuming and inefficient.

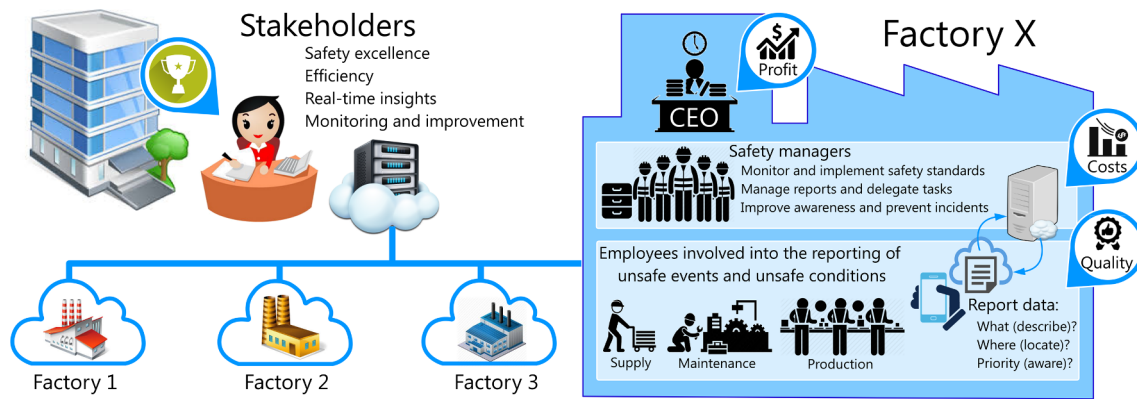


Fig. 1. The concept of OSH and Safety 4.0.

incident reporting systems (Johnson, 2002).

1.3. Aim and starting assumptions of the present study

Considering the described issues and challenges of Safety 4.0 and OSH, the aim of this study was to propose a novel framework for the real-time management of unsafe conditions and unsafe acts. The assumed SMEs' requirements presuppose that the solution has to be:

- used from mobile devices, to ease employees' engagement and proactive identification of UC/UA in real time,
- generic, so that users are not restricted to a specific mobile platform,
- open-source, so that it could be affordable and adapted for various industries,
- scalable, so that the growth of users' base does not affect performances,
- inclusive, so that employee's engagement could be measured and recognized.

In the rest of this manuscript we first explain the concept of OSH in Safety 4.0 (Section 2), and afterwards, we propose its corresponding generic software architecture (Section 2.1) and workflow (Section 2.2). Compared to previous studies, we considered trends of mobile, cloud and Safety 4.0 in more details – ending up with the solution that is the combo of JavaScript technologies. Finally, we provide a functional use case, which illustrates SMEs' benefits from adopting the proposed Safe-Tag solution (Section 3).

2. Concept of the safety 4.0 within an arbitrary enterprise

The graphical illustration of the proposed OSH concept is given in Fig. 1. The overall objective is to support company's efforts in protecting its assets, employees and business processes through the digitalization of the safety management process. Considering an arbitrary factory, named "Factory X", the key composing parts of the proposed solution are: (a) central cloud server and (b) remote mobile device (i.e. smartphone or tablet). These two components are available for various groups of users: employees in the workplace, maintenance engineers and safety engineers, with different level of privileges and features. Employees are allowed to collect and report UC and UA, as well as to receive and respond to assigned tasks. Tasks assume giving instructions to employees, safety or maintenance engineers how to treat the reported UC/UA, and they should be created by safety managers (which are trained and responsible for ensuring the safety excellence). Together with maintenance engineers (which are responsible to resolve the tasks), they are higher-level users of the system.

2.1. Software architecture and technologies available for the implementation of the safety 4.0

The generic software architecture is shown in Fig. 2. The generic form was used as the most suitable for consideration of various technologies available for implementation of its specific parts (layers). Later, in Section 3.2, we will provide a concrete use case in order to elaborate ongoing technological trends and optimal choices during the implementation.

The overall solution is divided into layers, where two key components are backend services (which are run on the cloud server) and frontend applications (which are run on some wearable devices or web-browsers). The advantage of splitting the architecture into layers that communicate with each other is twofold. First, the composing components could be used independently, and secondly, different⁴ technologies could be used for the implementation of different layers. Ensuring such flexibility is important for enabling scalability and extensibility of the system functionalities that could be afterwards extended following the SME growth or replaced with incoming technologies.

The Business layer features are hosted on a cloud server as web services (functions that could be called from remote devices, i.e. smartphone or web-browser applications). Web-services are commonly run on the Linux, or less frequently Windows Server, operating system depending on the type of technologies used for implementing the Business layer. The state-of-the art technologies and programming languages used for implementing web-services are: Microsoft C#, Java, PHP, Python, JavaScript (Node.JS) and C++, to name a few. All UC/UA data collected by users are stored within the database management system (DBMS) installed on a data⁵ server. The most frequently used DBMSs are Oracle, MySQL, Microsoft SQL Server, PostgreSQL and recently MongoDB with the breakthrough of NoSQL databases.

The UI (frontend) layer assumes intuitive user interface functionalities that enable users to fluently use the web-services from the central cloud server. Here, we differentiate two types of user applications, the ones that are run within the PC web-browsers and those that are run on smart devices. For the web development, there is a strong trend of using HTML, CSS and JavaScript technologies although there are alternative frameworks developed for Java (AWT, Swing, Swt, SwingX, JavaFX, etc.) and C# (ASP.NET, Silverlight) programming languages. Regarding smart devices, they are split with respect to the operating systems used on: Android, Apple iOS and Microsoft Windows Phone (where Android

⁴ For example, one programming language could be used for implementing mobile application and another programming language for implementing backend web-services.

⁵ Data and Business layers could be implemented on the same or distributed host servers.

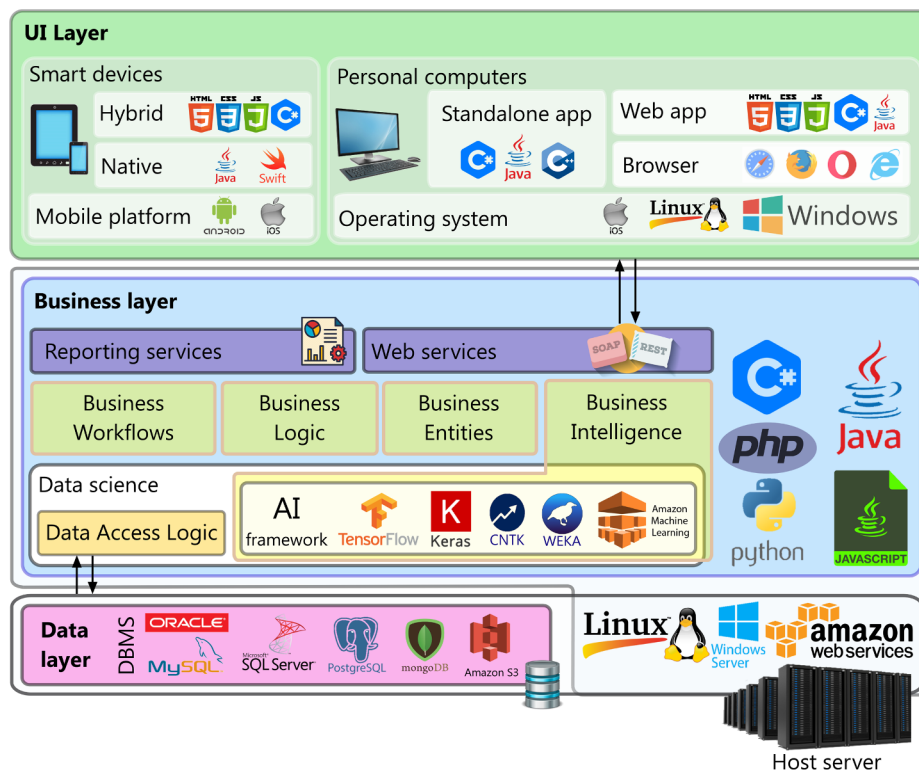


Fig. 2. The generic software architecture of an arbitrary Safety 4.0 solution.

and iOS hold ~98% of the market). The native programming languages for Android and iOS devices are Java and Swift, respectively; although there are possibilities to use wrappers that enable using other languages such as JavaScript, C++ , C# etc.

Finally, an important aspect of the business oriented software systems is business intelligence – application of AI for supporting and automatizing decision processes (López-Robles et al., 2019). Briefly, AI algorithms analyse or learn from collected data so that they are trained to process incoming data on an intelligent way (the common tasks are clustering, estimation, prediction, classification and patterns detection). With the breakthrough of AI in all branches of the industry, Python and R programming languages (with their corresponding libraries) have appeared as predominantly used for Data science.

To sum up, there is a wide range of technologies available - so that making an optimal choice for each of the composing layer becomes an important aspect, since it affects the cost and feasibility of their integration into the fully functional digitized reporting system (which has been defined as the end-goal goal of the Safety 4.0).

2.2. Workflow of the digitalized management of unsafe conditions and unsafe acts

The sketch of workflow, with emphasis on user's interaction and data flow, is given in Fig. 3. We assumed that the identification of UC/UA represents the beginning of the process. As mentioned earlier, reporting UC/UA is allowed to all users (employees, maintenance and safety engineers). The reporting assumes defining UC/UA: type, location and risk level. After the report is sent to the system – responsible person receives a notification and needs to create an action (task) with respect to the collected information. The task could be: (a) sending instructions to employees on the site (i.e. steps of their further actions or clarification if they have misunderstood the reported UC/UA); and (b) sending instructions for a maintenance engineer to resolve the issue. After the maintenance engineer is done, he sends a feedback to the system - that notifies the safety manager about the current task status. If

the task is done successfully, the safety manager closes the task; otherwise, he continues the correspondence and gives additional instructions until the success.

The whole data is collected on the central cloud-server, as shown in Fig. 3. Since reports include information about senders, this enables companies to award and stimulate employees that contribute to safety as well as to provide additional training to employees that misunderstood safety practice. Automation of reporting and proactive contribution of all employees are major achievements of the companies with tendency to reach the safety excellence. Beside efficient generation of safety reports, the long-term benefit of the digitalized safety reporting is to enable in-depth analysis of safety performances by employing the business intelligence.

2.3. Functionalities of the front-end mobile application

The purpose of the proposed mobile application is to enable real-time collection and management of UC/UA. Each report should provide clear answers to four key question that precisely identify each UC/UA: “Localize?”, “Classify?”, “Prioritize?” and “Describe?”.

1. **Localization** of UC/UA through the intuitive graphical user interface (GUI). This assumes precise localization, which could be performed by electing predefined spots in menu list (with named sectors). Alternatively, some sort of sensors (i.e. GPS, RFID or Bluetooth) could be used, but we would like to avoid them in our study assuming that the workspace is closed and that no additional investment is needed for specialized sensors' readers/writers.
2. **Classification** of UC/UA with respect to the industry standards recommendations. This assumes selection of predefined options-types of UC/UA from an appropriate menu. The list may vary depending on the type of SME (size, type of industry, country regulations etc.).
3. **Priority** of UC/UA and urgency to take an action. This information represents subjective-initial assessment of the raised UC/UA by the employee that spotted it in the workspace. Therefore, the definite

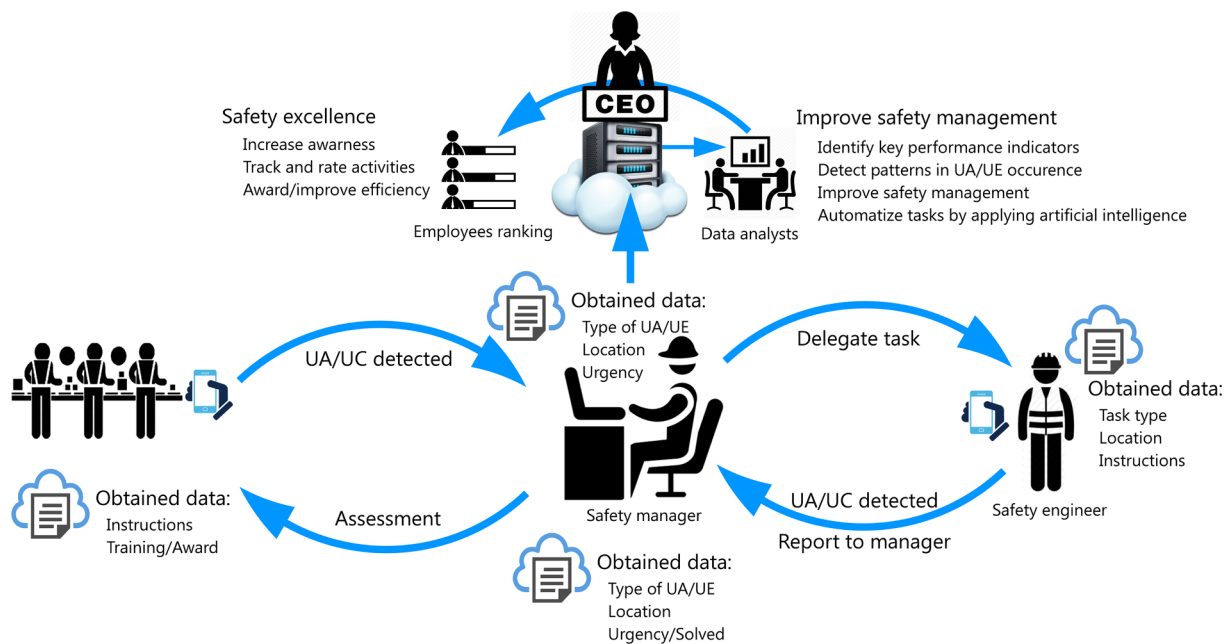


Fig. 3. Workflow of the digitalized management of unsafe conditions and unsafe events.

priority needs to be assigned after an inspection performed by trained persons (which are responsible for ensuring safety in workspace). Beside this information enables tasks prioritization, it enables the company to estimate experience and diligence of on-site employees.⁶

4. **Description** of UC/UA enables employees to provide objective information about detected safety issue. The description may include text or voice message acquired by using the mobile device.

Beside the major functionality of reporting UC/UA, the framework has a messaging system that enables real-time communication between employees, safety managers and maintenance engineers. The tasks delegation and further correspondence is provided in the form of tickets-chat system, where safety engineers initiate tickets and decide when the ticket is closed. The correspondence begins after the report is retrieved in the database and after safety manager retrieves notification about that report. Notification includes collected data (location, type, description and priority), which manager inspects and selects employee or maintenance engineer to whom he wants to assign a task or send a message. The task consists of the UC/UE details, together with the initial message from the manager as well as all further messages exchanged during the task progress. Finally, each user has an insight into his collection history and recognition, while the manager sees all active issues and the progress made.

3. Safe-Tag use case: JavaScript-based framework for real-time management of UC/UA in SMEs

This section demonstrates an adaptation of the proposed functionalities for the purpose of an arbitrary SME. Because of the company size (up to 250 employees) and structure, the safety management team is composed of employees and safety managers. Therefore, the safety manager plays the role of both on-site safety and maintenance engineers. The overall goal of the adapted Safe-Tag solution remains the same: (a) digitalize the safety reporting system; (b) improve safety

culture and employees' awareness of UC/UE; and (c) measure contribution of individuals to the safety excellence.

3.1. Features and workflow of the Safe-Tag

Workflow of the adapted use case is given in Fig. 5, while its corresponding mockups are given in Fig. 6. Users access the system by logging or requesting the registration. Both types of users have the following functionalities: (1) Reporting of UC/UA (feature "Create Tag" in Fig. 6, which is described in detail in Fig. 4); (2) Responding on the assigned tasks ("Tasks to do" feature in Fig. 6) and (3) Getting insights into its reporting history and performances ("Achievements" feature in Fig. 6).

The feature "Tasks to do" lists all tasks that are assigned to the logged user. Thus, one has to select a task from the list (i.e. "Task 2" in Fig. 6) that tends to resolve, which further leads to the correspondence window (titled as "Resolve Task 2" in Fig. 6). The correspondence window is the form of a live chat, where involved employees exchange textual or image messages in real-time (similar to social networks). Once the manager estimates that the task is done, he marks the correspondence as "Resolved".

The Manager user has an additional functionality, which allows him to assign tasks to employees (including himself) with respect to the collected UC/UE ("Open tags" feature in Fig. 6). Once a Tag is stored in the central database, the Manager user receives notification on how much "Open tags" are remaining. The manager user can also inspect raised tags (UC/UE), check provided information ("Info" feature in Fig. 6) and assign the task to an employee. The task assignment (window "Assign Tag 2" window in Fig. 6) assumes selecting responsible employees from the drop-down box and providing them with instructions about their further actions.

3.2. Adapted software architecture and elaboration of its benefits for OSH and safety 4.0

The purpose of this section is two-fold. First, it shows how to adapt the generic architecture from Fig. 1 to fit a SME needs described in Section 3.1. The second wider scope is to elaborate the incoming trends of Industry 4.0 (constantly increasing amount of data and remote

⁶ For example, employees that under/overestimate UC/UA could be provided with additional trainings.

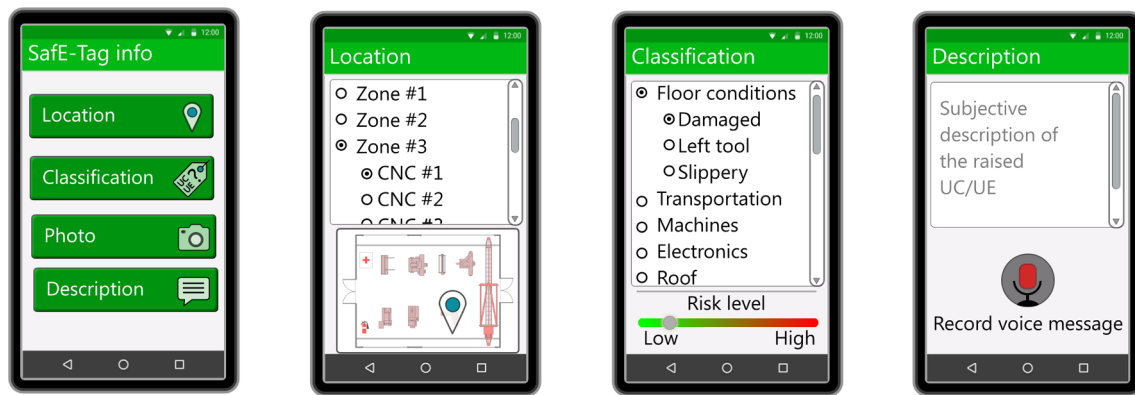


Fig. 4. UI mockup of the UC/UA reporting functionality. A user has to provide location, type, description and priority of a reported UC/UE.

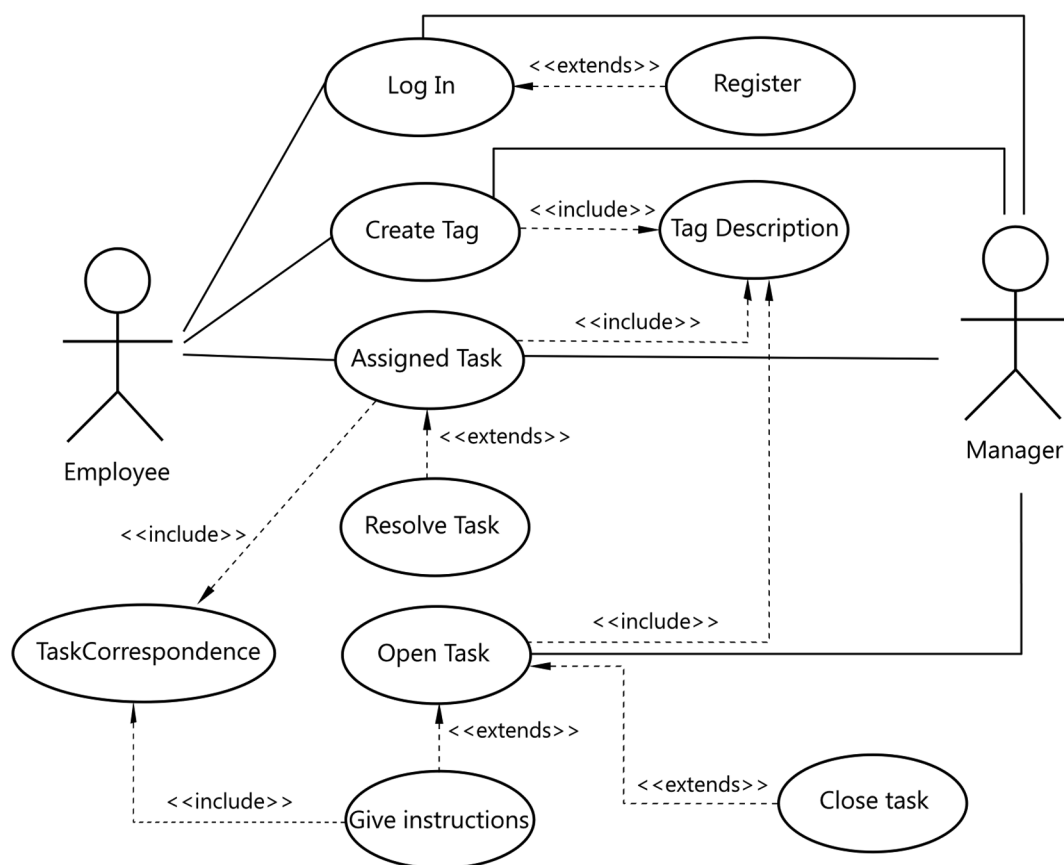


Fig. 5. UML Use case diagram of the adapted Safe-Tag system.

devices that need to communicate in real-time through a cloud) that are affecting Safety 4.0 as well. As it may be seen from Fig. 7, we propose employing a series of JavaScript-based frameworks (Node.js for the backend and the React Native for the front end functionalities), while the Mongo.DB was used for implementing the cloud database. Because usage of these technologies is underestimated in recent literature, in this section, we briefly explain and justify their benefits for releasing the proposed ICT solution for managing of UC/AE.

3.3. Node.js backend web services

Node.js is an open-source, cross-platform JavaScript run-time environment made on the top of the Google Chrome JavaScript V8

Engine, with the aim to enable execution of JS code outside⁷ of the browser. Thus, the possibility of using JavaScript for implementing of both frontend and backend sides of cloud-based software - known as the paradigm “JavaScript everywhere”. The Node.js is composed of a series of modules, which ease working with binary data (buffers), file I/O, networking (DNS, HTTP, TCP, TLS/SSL or UDP), cryptography functions etc. Finally, the JavaScript everywhere paradigm reduces the development costs, since the expertise of only one programming language is needed.

⁷ This includes access to the file system as well, contrary to the traditional execution of JavaScript code within a HTML page of user web-browser.



Fig. 6. A mock-up of GUI for the managing of UC/UE (manager mode).

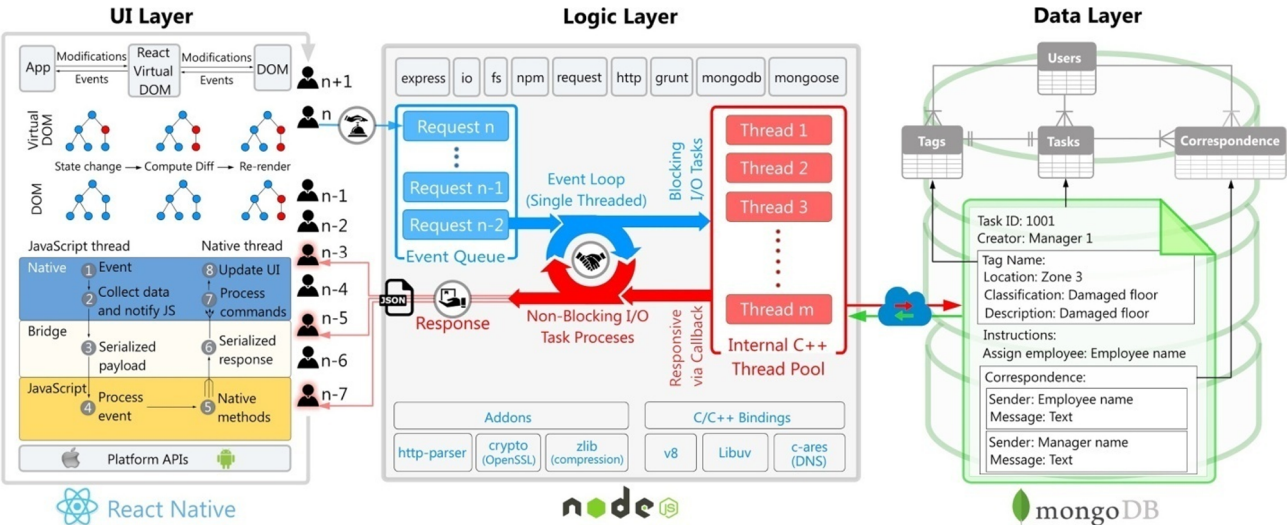


Fig. 7. Adapted software architecture (with the emphasis on technologies used).

The major advantage that Node.js has brought is the way it uses for processing incoming requests – known as “non-blocking I/O”. Briefly, the traditional asynchronous approach, for processing incoming web-request in parallel, is limited with a number of threads/cores available on the server machine. The non-blocking I/O model⁸ uses the “event

loop” that keeps incoming request in the specific Queue-based data structure and process them in the event-driven manner. This means that both clients and server are aware when the request is sent and when its processing is done in the background, so that in the meantime both sides could work on other tasks. Once the server processes a request

⁸ An intuitive exploitation of blocking vs non-blocking processing of web request is comparison of how customers are serviced in a candy shop (all clients stand in a single row, one worker take order one by one and delivers ice cream) and a restaurant (all clients seats while one waiter takes order; chef in parallel cook with respect to the obtained orders, while clients enjoy; chef delivers results to the waiter, which is again able to serve multiple clients in parallel). It

(footnote continued)
may be noted that the candy shop speed-up is proportional to the number of workers, and that ideally number of workers should be the same as the number of clients in the row – which is expensive. On the other side, the restaurant business approach scale-up much better with the increase in number of employees while reasonable increase of customers does not affect its fluent work.

from the Queue, the user is contacted back to retrieve the response on its request. From the SME viewpoint,⁹ besides reducing the development costs, Node.js enables cost-efficient scaling-up of users and incoming request (which are expected to occur with the company growth or clustering with other partners).

The Safe-Tag backend functionalities were released as RESTful¹⁰ web services, which were implemented using the http, express and mongoose modules of the Node.js. All the data transferred via created web services were in the JSON (JavaScript ObjectNotation) format. Since the JSON is the simple textual format, it has appeared as suitable for exchanging messages between networked users. It enables efficient handling of nested messages and data structures that result with complex relational data in RDBS. In this study, JSON was used because: (1) data will be stored in NoSQL database on the cloud and (2) clients will run JavaScript based applications on their smart devices that communicate through web services.

3.3.1. MongoDB NoSQL cloud database

Similarly, as the bottleneck with the blocking I/O (which occurred on the server-side with scaling-up the number of incoming requests), traditional way of organizing data into tables and relations has showed a series of flaws. Particularly, if there is a need to frequently access a large amount of the distributed data, there are problems with: (1) writing complex queries over a number of related tables and (2) computational power spent on processing a large amount of data on finding and joining relatively simple information organized in a hierarchical way. Intuitive examples are posts¹¹ on social media – whose core workflow is the exchange of data among users, similarly as the Safe-Tag application will do for the safety management. More importantly, the Mongo NoSQL database uses the JSON format for storing data, which makes implementation and communication of back-end and front-end sides fluent. Particularly, we employed the Node.js “mongoose” module, which is an object data modelling library for the MongoDB. For the purpose of this study, we used the lightweight cloud version of the MongoDB – mLab. The mLab reduces needs for installing and maintaining the data storage, while it enables intuitive user interface and “pay per use” business model (if the allowed free storage appears too small).

3.3.2. React native frontend application

The final, front-end, layer is implemented using the ReactJS framework. Similarly, as NodeJS and MongoDB, the React has appeared as the answer on the ongoing trend of using real-time applications for maintaining large dynamically changing data. From the technical viewpoint, the bottleneck¹² occurred because of the way that web

⁹ A boundary of the explained approach is that it is highly beneficial for applications that do not perform much calculations, but perform frequent exchange of data, messages and other content among remote devices (i.e. social networks).

¹⁰ The REST is a shortcut from Representational State Transfer, and it represents an architecture for transferring data between client and server by using the HTTP protocol, or more particularly its CRUD (Create, Read, Update and Delete) methods.

¹¹ Composing parts of a post are simple data (textual messages, images, videos, etc.) related among large amount of users in the form of comments-replies. Instead of normalizing them into a series of tables with user and their IDs, the redundancy of IDs used and complexity of accessing them could be highly reduced if they are saved as we see them in a HTML page - in the form of a hierarchically organized document (Example is shown on Fig. 7 right).

¹² Browsers organize the retrieved HTML in a tree-like data structure called Document Object Model (DOM), which enables efficient rendering. As the complexity of webpages is constantly increasing, it is frequent that only a small amount of the content (i.e. one comment-message) need to be updated- so that re-rendering of the whole page because of the small change becomes inefficient. This bottleneck becomes even more deleterious with the trend of developing web software as Single page applications (SPA), when the whole application's

browsers use for rendering the content¹³ obtained in the textual HTML format. As a solution, the React proposed using the Virtual DOM¹⁴ and Diffing¹⁵ algorithm, that more efficiently handle dynamical changes of HTML content compared to the traditional DOM re-rendering. After revolutionizing the web development, the Facebook adapted its React technology to work on the top of native frameworks of various mobile platforms (written in various programming languages: Java or Kotlin for Android, Objective C or Swift for iOS). Contrary to the traditional hybrid¹⁶ approach, the React Native merges benefits of the React web GUI development with robustness of native APIs of mobile platforms by using a special bridge¹⁷ dispatcher. Since it is implemented using the C++, the bridge brings efficiency of the React web GUI development to the mobile development. This assumes using the paradigm of components and views to split the GUI into independent and reusable pieces, which could be reused for development of both mobile or web applications.

4. Discussion

4.1. The importance of proactive identification of UC/UA using smart devices

At the current stage of the shifting towards the Safety 4.0, OSH has tendency to replace traditional paper-based safety reports with cloud-based applications and services (Badri et al., 2018). The starting point of this study was the fact that smartphones (and mobile applications) have took the dominance over PCs in almost all areas during the last decade; so that mobile devices are becoming major tools that humans use for interacting with the web (cloud). In this term, application of mobile and smart devices in OSH remains to be more exploited and accepted. Regarding the cyber-security, which has been the major concern regarding using smart devices for safety, we agree that using private smartphones at workplace could arise risks (Lee et al., 2015; Savaliya et al., 2015). Accordingly, we recommend: (a) placing a couple of smart devices in appropriate places in a workspace, so that employees could approach them; or (b) incorporation of an additional software protection, so that employees could use the Safe-Tag only if they are checked-in on the workspace.

The Safe-Tag was released as the result of collaboration between

(footnote continued)

code is contained in a single page that dynamically changes with respect to user actions.

¹³ Briefly, the problem has occurred with increasing of devices' possibilities to capture and exchange content via cloud, or more precisely with increasing the amount and size of images, videos and text that compose the content of nowadays applications.

¹⁴ Accessing and refreshing of the DOM is computationally less efficient compared to running the JavaScript code. React uses this fact and creates JavaScript duplication of the DOM, on which the requested changes could be applied more efficiently using the Diffing algorithm.

¹⁵ The four steps of Diffing algorithm are: (1) the complete Virtual DOM is refreshed with respect to the user request; (2) the Virtual DOM is compared with the previous state in order to identify changed nodes of the tree-like data structure; (3) only the affected nodes are refreshed in the real DOM data structure; (4) the real DOM is rendered by a web browser.

¹⁶ Two variations of hybrid development of mobile applications are: (1) embedding the pure HTML page within the traditional mobile application and (2) creating JavaScript wrappers around native frameworks. Major disadvantage of hybrid approach are lower performances and difficulties in working with native functionalities of mobile devices (i.e. file system).

¹⁷ Purpose of the Bridge is to exchange data and instructions between React JS and mobile native framework components (Fig. 7). The event on mobile device (i.e. touch) is detected by its native framework, but it is serialized by the bridge and sent for execution within the JS part of the framework. The results of executing the JS GUI is afterward deserialized and returned back to the native framework, which renders the GUI of the mobile device.

experienced safety professionals from industry, academia and ICT professionals. The aim of our initiative was to bring benefits for both the employees and employers through:

- Intuitive collection of reports and tasks delegation.
- Establishing the safety culture, that encourage¹⁸ workers to proactively contribute and learn about safety. Identification of patterns and key safety performance indicators from the collected data.

4.2. Flexibility and feasibility of the utilized javascript technologies

After elaborating the Safe-Tag advantages from the technological (Section 3.2) and OSH (Section 4.1) viewpoint, in this section, we will justify the benefits of the proposed framework from the project management viewpoint. This includes discussing the cost and complexity to develop, adapt and maintenance the proposed solution. As shown in Section 4.1, the overall solution was released by using well documented and open-source JavaScript technologies, which significantly reduces the complexity (expertise of the single programming language is needed) and costs¹⁹ of the development (the provided open-source version of the Safe-Tag took approximately three weeks of a medior full-stack JavaScript developer). This is because the React Native enables one to developed an application once and compile it for multiple platforms (iOS, Android). Moreover, the React GUI components written for mobile applications, could be reused for i.e. the company website – and vice versa.

The organization and the way of exchanging data between users is also an important aspect. Beside easier construction of the database (using the JSON notation), NoSQL ease the further writing queries for accessing reports data through RESTful web services. Compared to the alternative backend technologies (Java, PHP, C#), the Node.js is more lightweight but efficient solution for the rapid minimum viable product delivery. Additionally, the Node.js has very simple build process and the most importantly it is composed of a series of modules that ease hosting web-services, querying data and routing of web pages.

To sum-up, we emphasize compatibility and scalability of the proposed technologies combo as key advantage for solving the particular problem of reporting and managing of UC/UA. The proposed framework is released as the open-source project. Therefore, it is available for community to use it freely and adapt for own usage,²⁰ contributions and critiques as well.

4.3. Further automation and incorporation of business intelligence into the framework

As mentioned in the introduction, data is considered to be the fuel of 21st century. Although the major purpose of the application is to collect and manage reports, the further step is making conclusions and decision from collected data. Regarding the OSH and UC/UA, artificial intelligence could be used to automate the decision making process and reveal hidden patterns from the collected reports. Assuming that a user of the framework has basic understanding of AI and JS programming, it worth to mention that many of state of the art AI frameworks provide JS wrappers (TensorFlow.js, Keras.js, Brain.js, ML.js, Node-Weka.js, to

¹⁸ Since the system tracks statistics (number of UC and UA per day, week or month; number of UC and UA detected per employee, number of solved issues detected etc.), it could also include awards, competition between teams or shifts etc.

¹⁹ Compared to native programming languages, it is estimated that using the React Native for the mobile application development reduces 30–40% of time. It is important to note that the consequence of this choice is that not the complete list of native specific features could be used, which is in the most of cases an appropriate trade-off.

²⁰ In the current form, the framework is more suited for SMEs, than large stakeholders.

name a few). This makes integration of various AI functionalities into the proposed framework easier compared to alternative server-side languages (i.e. C#, PHP or Java).

4.4. Conclusion

Reducing a number of production injuries and accidents down to zero represents an important goal of nowadays industries. This goal could be achieved only through the proactive identification of accidents precursors – such as unsafe conditions (UC) and unsafe acts (UA). Unfortunately, traditional approaches (manual fulfilling and tracking of UC and UA reports) showed serious limitations in reaching the “zero” goal. Although there are a series of commercial solution on this topic, their usage among SMEs remains difficult due to a series of factors (including pricing, adaptability and other barriers). On the other side, the most of solutions presented in scientific literature are not publically available – so that their application remains negligible in industry practice.

Started as the initiative of researchers, stakeholders and ICT professionals, the present study proposed a novel JavaScript framework for the management of UC/UA in OSH using mobile devices. Moreover, we provided its functional and publically available use case named the Safe-Tag, which illustrates SMEs’ benefits from adopting the proposed solution. Compared to the current practice, the proposed Safe-Tag framework brought benefits for both employees and employers through: (1) intuitive and user friendly identification of key safety performance indicators; (2) digitalization and improvement of existing safety reporting systems; (3) improvement of safety culture; (4) better understanding and measurement of worker’s contribution to safety; (5) making the technology affordable and suitable for wider industry audience (the source code of a demo version, free from UI design, is publically available on the GitHub repository: <https://github.com/ArsoVukicevic/Safe-Tag>).

Appendix A. Supplementary material

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.07.024>.

References

- Andriulo, S., Gnoni, M.G., 2014. Measuring the effectiveness of a near-miss management system: an application in an automotive firm supplier. *Rel. Eng. Syst. Saf.* 132, 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.res.2014.07.022>.
- Aponte-Luis, J., Gómez-Galán, J.A., Gómez-Bravo, F., Sánchez-Raya, M., Alcina-Espigado, J., Teixido-Rovira, P.M., 2018. An efficient wireless sensor network for industrial monitoring and control. *Sensors* 18 (1), 182–197. <https://doi.org/10.3390/s18010182>.
- Badri, A., Boudreau-Trudel, B., Souissi, A.S., 2018. Occupational health and safety in the industry 4.0 era: a cause for major concern. *Saf. Sci.* 109, 403–411. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.012>.
- Baldissone, G., Combetti, L., Bosca, S., Murè, S., 2018. The analysis and management of unsafe acts and unsafe conditions. Data collection and analysis. *Saf. Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.006>.
- Bauk, S., Schmeink, A., Colomer, J., 2018. An RFID model for improving workers’ safety at the seaport in transitional environment. *Transport* 33 (2), 353–363. <https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1233512>.
- Bottani, E., Monica, L., Vignali, G., 2009. Safety management systems: performance differences between adopters and non-adopters. *Saf. Sci.* 47 (2), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.05.001>.
- Bragatto, P., Ansaldi, S., Agnello, P., 2015. Small enterprises and major hazards: how to develop an appropriate safety management system. *J. Loss Prev. Proc. Ind.* 33, 232–244. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.12.016>.
- Deb, S., Carruth, D.W., Sween, R., Strawderman, L., Garrison, T.M., 2017. Efficacy of virtual reality in pedestrian safety research. *Appl. Ergon.* 65, 449–460. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.03.007>.
- Demichela, M., Piccinini, N., Romano, A., 2004. Risk analysis as a basis for safety management system. *J. Loss Prev. Proc. Ind.* 17 (3), 179–185. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2003.11.003>.
- Duffy, V.G., Wu, F.F., Ng, P.P., 2003. Development of an internet virtual layout system for improving workplace safety. *Comput. Ind.* 50 (2), 207–230. [https://doi.org/10.1016/S0166-3615\(02\)00121-5](https://doi.org/10.1016/S0166-3615(02)00121-5).
- Gnoni, M.G., Lettera, G., 2012. Near-miss management systems: a methodological

- comparison. *J. Loss Prev. Process Ind.* 25 (3), 609–616. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2012.01.005>.
- Gnoni, M.G., Saleh, J.H., 2017. Near-miss management systems and observability-in-depth: handling safety incidents and accident precursors in light of safety principles. *Saf. Sci.* 91, 154–167. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.012>.
- Gnoni, M.G., Andriulo, S., Maggio, G., Nardone, P., 2013. “Lean occupational” safety: an application for a near-miss management system design. *Saf. Sci.* 53, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.09.012>.
- Golabchi, A., Han, S., Seo, J., Han, S., Lee, S., Al-Hussein, M., 2015. An automated biomechanical simulation approach to ergonomic job analysis for workplace design. *J. Constr. Eng. Manage.* 141 (8), 04015020. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000998](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000998).
- Grote, G., 2012. Safety management in different high-risk domains—all the same? *Saf. Sci.* 50 (10), 1983–1992. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.07.017>.
- Gunasekaran, A., Subramanian, N., Ngai, E., 2019. Quality management in the 21st century enterprises: research pathway towards industry 4.0. *Int. J. Prod. Econ.* 207, 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.005>.
- Harms-Ringdahl, L., 2004. Relationships between accident investigations, risk analysis, and safety management. *J. Hazard Mater.* 111 (1–3), 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.02.003>.
- Heinrich, H.W., 1941. *Industrial Accident Investigation—A Scientific Approach*. McGraw-Hill Book Company, New York and London.
- Hollnagel, E., 2014. *Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management*. CRC Press.
- Ibekwe, T.S., Polorunsho, D.O., Dahilo, E.A., Gbujie, I.O., Nwegbu, M.M., Nwaorgu, O.G., 2016. Evaluation of mobile smartphones app as a screening tool for environmental noise monitoring. *J. Occ. Environ. Hyg.* 13 (2), D31–D36. <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1093134>.
- Johnson, C., 2002. Software tools to support incident reporting in safety-critical systems. *Saf. Sci.* 40 (9), 765–780. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(01\)00085-6](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(01)00085-6).
- Jung, M., Park, P., 2016. A study on developing of low cost for safety management system of manufacturing site in developing country industrial site using Arduino. *DESTECH Trans. Eng. Technol. Res. (mcee)* 392–397.
- Kans, M., Galar, D., Thaduri, A., 2016. Maintenance 4.0 in railway transportation industry. In: Koskinen, K., et al. (Eds.), *Proceedings of the 10th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2015)*. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.065>.
- Lee, J., Bagheri, B., Kao, H.A., 2015. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manuf. Lett.* 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>.
- Li, Y., Guldenmund, F.W., 2018. Safety management systems: a broad overview of the literature. *Saf. Sci.* 103, 94–123. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.11.016>.
- López-Robles, J.R., Otegi-Olaso, J.R., Porto Gómez, I., Cobo, M.J., 2019. 30 years of intelligence models in management and business: a bibliometric review. *Int. J. Inf. Manage.* 48, 22–38. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.013>.
- Lu, Y., 2017. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *J. Ind. Inf. Int.* 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>.
- Nath, N.D., Akhavan, R., Behzadan, A.H., 2017. Ergonomic analysis of construction worker's body postures using wearable mobile sensors. *Appl. Ergon.* 62, 107–117. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.02.007>.
- Park, J., Yang, X., Cho, Y.K., Seo, J., 2017. Improving dynamic proximity sensing and processing for smart work-zone safety. *Autom. Constr.* 84, 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.025>.
- Pilloni, V., 2018. How data will transform industrial processes: crowdsensing, crowdsourcing and big data as pillars of industry 4.0. *Fut. Int.* 10 (3), 24. <https://doi.org/10.3390/fi10030024>.
- Riaz, Z., Edwards, D.J., Thorpe, A., 2006. SightSafety: a hybrid information and communication technology system for reducing vehicle/pedestrian collisions. *Autom. Constr.* 15 (6), 719–728. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.09.004>.
- Romero, D., Mattsson, S., Fast-Berglund, Å., Wuest, T., Gorecky, D., Stahre, J., 2018. In: *Digitalizing Occupational Health, Safety and Productivity for the Operator 4.0*. Springer, Cham, pp. 473–481.
- Sala, G., Rosso, A., Tornese, F., Piga, G., Malorgio, B., 2018. Barriers, drivers and impact of a simplified occupational safety and health management system in micro and small enterprises. Springer, Orlando, Florida, USA, pp. 81.
- Savaliya, P.V., Somani, S.B., Shete, V.V., 2015. A bluetooth tele health, household security and industry safety realization by android smartphone. *Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng.* 4 (6), 382–385. <https://doi.org/10.17148/IJARCCCE.2015.4683>.
- Schall Jr, M.C., Sesek, R.F., Cavuoto, L.A., 2018. Barriers to the adoption of wearable sensors in the workplace: a survey of occupational safety and health professionals. *Hum. Fact.* 60 (3), 351–362. <https://doi.org/10.1177/0018720817753907>.
- Shin, M., Lee, H.S., Park, M., Moon, M., Han, S., 2014. A system dynamics approach for modeling construction workers' safety attitudes and behaviors. *Accid. Anal. Prev.* 68, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.09.019>.
- Stephen, L., Olsen, K.B., Ian, S.L., Hasle, P., 2015. Managing safety in small and medium enterprises. *Safety Sci.* 71 (Part C), 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.11.007>.
- Szydio, T., Konieczny, M., 2016. Mobile and wearable devices in an open and universal system for remote patient monitoring. *Microprocess. Microsyst.* 46, 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2016.07.006>.
- Teimourikia, M., Fugini, M., 2017. Ontology development for run-time safety management methodology in Smart Work Environments using ambient knowledge. *Fut. Generat. Comput. Syst.* 68, 428–441. <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.07.003>.
- Wahlström, B., Rollenhagen, C., 2014. Safety management—a multi-level control problem. *Saf. Sci.* 69, 3–17. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.06.002>.
- Winkler, M., Perlman, Y., Westreich, S., 2019. Reporting near-miss safety events: Impacts and decision-making analysis. *Saf. Sci.* 117, 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.04.029>.
- Wu, F., Wu, T., Yuce, M., 2019. An Internet-of-things (IoT) network system for connected safety and health monitoring applications. *Sensors* 19 (1), 1–21. <https://doi.org/10.3390/s19010021>.
- Xu, L.D., Xu, E.L., Li, L., 2018. Industry 4.0: state of the art and future trends. *Int. J. Prod. Res.* 56 (8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>.
- Zou, P.X., Lun, P., Cipolla, D., Mohamed, S., 2017a. Cloud-based safety information and communication system in infrastructure construction. *Saf. Sci.* 98, 50–69. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.05.006>.
- Zou, P.X., Lun, P., Cipolla, D., Mohamed, S., 2017b. Cloud-based safety information and communication system in infrastructure construction. *Saf. Sci.* 98, 50–69. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.05.006>.

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

M82 Ново техничко решење примењено на националном нивоу

Мобилна апликација Safe-Tag за управљање
небезбедним условима и небезбедним поступцима у
реалном времену у малим и средњим предузећима

АУТОРИ

др Арсо Вукићевић, научни сарадник
др Иван Мачужић, ванредни професор
др Марко Ђапан, доцент
Марија Савковић, истраживач приправник
др Миладин Стефановић, редовни професор

Врста техничког решења

M82 – Ново техничко решење примењено на националном нивоу

Аутори техничког решења

- др Арсо Вукићевић¹, научни сарадник
- др Иван Мачужић¹, ванредни професор
- др Марко Ђапан¹, доцент
- Марија Савковић¹, истраживач приправник
- др Миладин Стефановић¹, редовни професор

¹ Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац

Назив техничког решења

- Мобилна апликација SafE-Tag за управљање небезбедним условима и небезбедним поступцима у реалном времену у малим и средњим предузећима.

Кључне речи

- Безбедност и здравље на раду, дигитализација, индустрија 4.0, безбедност 4.0, небезбедни услови, небезбедни поступци, управљање извештајима.

Наручилац техничког решења

- Софтверско решење је резултат рада на пројекту: III-44010, Интелигентни системи за развој софтверских производа и пословне подршке базирано на моделима.
- Предузеће Машинг, Крагујевац

Корисник техничког решења

- Предузеће Машинг, Крагујевац

Начин верификације резултата

Концепт и резултати решења су објављени у раду категорије M21: Arso Vukicevic, Marko Djapan, Miladin Stefanovic, Ivan Macuzic. SafE-Tag mobile: A novel javascript framework for real-time management of unsafe conditions and unsafe acts in SMEs. Safety Science. Vol 120, pp. 507-516, DOI: 10.1016/j.ssci.2019.07.024.

Година када је техничко решење урађено

- 2019-2020.

Начин коришћења техничког решења

- Решење се примењује за дигитализацију извештаја о небезбедним условима и небезбедним поступцима у реалном времену у малим и средњим предузећима.

Ко је прихватио техничко решење

- Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу

Област технике на коју се техничко решење односи

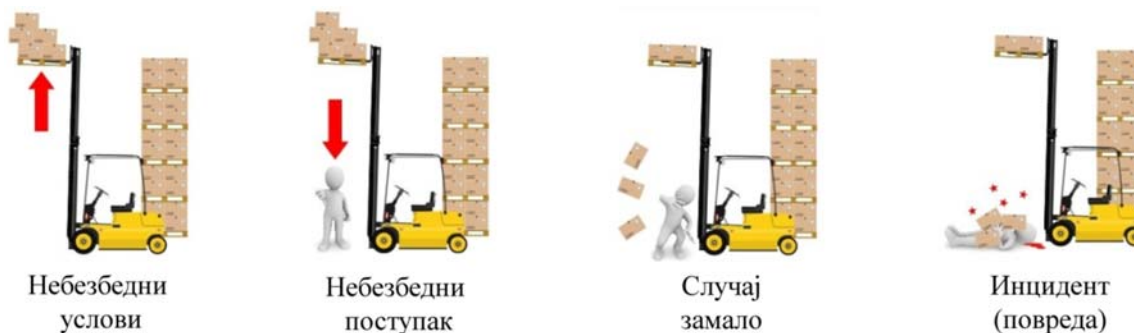
- Информационе технологије, индустријска информатика

1.Опис проблема који се решава техничким решењем

1.1 Безбедност и здравље на раду

Безбедност и здравље на раду (engl. Occupational safety and health – OSH), представља мултидисциплинарну област која се бави унапређењем безбедности, здравља и благостања (engl. Welfare) запослених у радном окружењу. Савремени индустријски системи преузимају иницијативу за постизањем циља тзв. нула повреда и несрећа на радном месту, што је и један од циљева Индустрије 4.0 (И4.0). Нула повреда и несрећа је најпожељнији број у области безбедности и здрављу на раду. Из тог разлога, компаније усмеравају своју пажњу и активности на проактивну идентификацију догађаја-узрочника несрећа, чија би контрола и благовремена превенција требало да спречи појаву непланираних и нежељених догађаја током рада.

Појава ризичних ситуација је неизбежна на готово сваком радном месту, посебно у малим и средњим предузећима. Опште познати пример био би радник који ради на градилишту и који не носи заштитни шлем. Безбедносни пропусти оваквог типа су постали уобичајена појава (јер директно не изазивају повреде на раду), и као последица, однос запослених према тој мери безбедности често остаје погрешан. Као последица, често се дешава да тешке повреде радника буду узроковане управо оваквим примерима неправилног понашања и непоштовања безбедносних прописа (Слика 1.).



Слика 1. Пример небезбедних услова, небезбедних поступака и њихових последица.

1.1 Значај ефикасног управљања НУ и НП

Херберт Хајнрих(енгл. Herbert William Heinrich) је у својој књизи "Industrial Accident Prevention, A Scientific Approach" из 1931. године истражио и објаснио односе

и узрочно-последичне везе између узрока и несрећа на радном месту (Heinrich, 1931). Наиме, он је дошао до закључка да свакој озбиљној повреди претходи ~29 мањих повреда, односно ~300 инцидената који су прошли без повреда радника. Тридесет година касније (1961. године) Франк Бирд (енгл. Frank Bird) је проширио Хенрихов рад за потребе осигуравајућих кућа (Hughes, 2009). Разматрајући архиву од око два милиона инцидената у преко 300 компанија, дошао је до закључка да: „свакој озбиљној повреди претходи десет минорних, односно тридесет инцидената који изазивају оштећење радне опреме, односно шест стотина инцидената који нису изазвали повреде запослених и оштећење опреме. Године 2003, студија фирме Conoco Phillips Marine је надоградила постојећи модел – закључком да свакој фаталној несрећи на раду претходи 300000 небезбедних поступака/догађаја (Manuele, 2002). Данас, описани однос и редослед пораста небезбедности на раду назива се "троугао безбедности" или "Хајнрихов троугао" или "Хајнрихова пирамида безбедности" (Слика 2.).



Слика 2. Хајнрихова пирамида безбедности

Према Хенриховој пирамиди безбедности, проактивна идентификација небезбедних услова (НУ) и небезбедних поступака (НП) остварује највећи утицај на укупну безбедност на раду (Heinrich, 1941). Генерално, сматра се да су класификација и документација НУ и НП интуитивнији радни задаци у сваком предузећу у поређењу са препознавањем-детекцијом (Gnoni и сарадници, 2012). Обично се овај изазов објашњава разликама у перцепцији појединаца-радника о ризику, што зависи од претходног искуства и обуке о безбедности на раду (Gnoni и сарадници, 2013, Gnoni и сарадници, 2017). У недавној студији, НУ и НП су дефинисани као претходници догађаја што их јасно разликује од могућих и избегнутих повреда, односно случајева за мало (Shin и сарадници, 2014, Baldissoni и сарадници, 2019).

1.2 Тренутна пракса управљања НУ и НП у МСП

Иако постоје препоруке предложене у регулаторним стандардима (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001), управљање безбедношћу на радном месту на традиционалан начин (у папирној форми) показало се напорним и сложеним процесом. Будући да се форме НУ и НП могу разликовати од физичких до дигиталних, све су већи захтеви за наменским решењима у области информационо-комуникационих технологија (ИКТ) која би могла да помогну у проактивном спречавању несрећа путем дигитализованог управљања БЗР извештајима. Многа И4.0 решења су још увек у фази развоја (Pilloni, 2018; Bauk и сарадници, 2018; Golabchi, 2015; Wu, 2019) и подразумевају значајна улагања – што уједно представља и главну баријеру код малих и средњих предузећа (Legga, 2015). Из тог разлога, настала је идеја за развој приступачног решења базираног на И4.0 трендовима које би олакшало и дигитализовало управљање небезбедним условима и небезбедним поступцима (Jayaraman и сарадници, 2008; Kagermann и сарадници, 2013) што за последицу има смањење броја непланираних и нежељених догађаја.

2. Стање решености проблема у свету

2.1 Претходна истраживања и изазови у управљању БЗР и НУ/НП

Li и сарадници (2018.) су указали на важност сталног унапређења система управљања безбедношћу (СУБ) и препоручили кључне аспекте који побољшавају ефикасност БЗР. Међутим, правилна примена у великој мери зависи од исправности анализе ризика као и од усклађености са свим релевантним стандардима и прописима (Demichela и сарадници, 2004). Тренутно постоји низ препоручених приступа чији је циљ постизање вишег нивоа БЗР у компанијама (Harms-Ringdahl, 2004). Тако су Wahlström и Rollenhagen (2014) предложили концепт МТОИ (Човек, технологија, организација и информације – енгл. Man, Technology, Organization and Information) као подршку за успешну имплементацију СУБ-а.

Grote (2012.) је дефинисао различите факторе који утичу на начин на који би систем управљања БЗР требало применити и прилагодити различитим врстама компанија. Bragatto и сарадници (2015.) су разматрали основне заблуде и фокусирали се посебно на аспект неразумевања између регулаторног система безбедности и реалних услова у малим и средњим предузећима. Исти аутори такође сматрају да систем управљања безбедношћу и здрављем на раду за већину практичара представља чисту "*напирологију*" и да се битно разликује од стварних услова који могу угрозити безбедност и здравље радника. Стога главни изазови у области БЗР у малим и средњим предузећима су повезани са тиме како аутоматизовати процес управљања безбедношћу и здрављем радника применом савремених ИКТ.

Употреба напредних технологија остварује значајан допринос развоју Безбедности 4.0 у различитим секторима индустрије. Удаљени уређаји (енгл. Remote devices), попут: Arduino микроконтролера (Jung и сарадници, 2016), RFID (Bauk, 2018) и бежичних сензора (Aponte-Luis и сарадници, 2018), мобилних уређаја (Savaliya и сарадници, 2015) представљају неке од примера успешно примењених трендова И4.0 везаних за безбедност и здравље радника у индустрији. Тренутно постоји велики број комерцијално доступних софтвера / система који се односе на БЗР, а који су засновани на употреби поменутих технологија.

Прегледом литературе може се установити да су неки аутори изразили забринутост у вези са применом комерцијалних решења јер су ова решења конципирана као енгл. *Third-party solutions*, ограничена за накнадна прилагођавања и дораде, неподобна за комуникацију у реалном времену на разним мобилним уређајима и сл. (Zou и сарадници, 2017). Такође, са становишта малих и средњих предузећа, може се закључити да већина оваквих система изискује додатне трошкове за уградњу додатних функција, специфичних за врсту и величину пословања (Sala и сарадници, 2018).

С обзиром да већина малих и средњих предузећа има специфичне потребе и располажу ограниченим финансијским средствима, посебно у поређењу са великим компанијама које могу да приуште сложене ИКТ системе, аутори техничког решења су настојали да истраже могућности примене паметних уређаја и облак технологија у циљу унапређења безбедности и здравља на раду. Истовремено, претпостављено је да су кључни захтеви малих и средњих предузећа (МСП) да решење треба да буде генеричко, компактно, прилагодиво и приступачно. Приликом изградње једног таквог оквира (енгл. *Framework*), посебна пажња је посвећена захтевима који ће бити објашњени у наставку.

Први захтев је везан за пренос и складиштење података. До сада је облак технологија показала највећи потенцијал за унапређење управљања безбедношћу на раду. Као што су наведена истраживања показала, наменски системи у облаку могу значајно унапредити перформансе безбедности. Из тог разлога, намеће се очекивање да ће у скоријој будућности таква решења прихватити многе гране индустрије (Zou и сарадници, 2017).

Други захтев је везан за прикупљање података. Поред већ споменутих, постоји низ решења која се заснивају на коришћењу носивих сензора (енгл. *Wearables*) (Nath и сарадници, 2017, Schall и сарадници, 2018). Bauk и сарадници су предложили коришћење личне заштитне опреме (енгл. *Personal protective equipment-PPE*) опремљене активним /пасивним RFID уређајима (Bauk и сарадници, 2018). Неки аутори су предложили сличан приступ заснован на коришћењу RFID и енгл. *Bluetooth* ниске енергије (енгл. *Bluetooth Low Energy BLE*), како би се унапредила безбедност на радном месту (Park и сарадници, 2017). Међутим, примена носивих сензора за праћење фактора ризика који се тичу БЗР на радним местима показали су и низ недостатака. Генерално, већина препрека је везана за поштовање приватности и поверљивости

запослених, висину трошкова, поузданост сензора и трајност њихових батерија (Schall и сарадници, 2018). Као решење ових проблема, неки аутори су предложили прикупљање података помоћу Android уређаја који имају уграђене сензоре који могу бити од помоћи и бежичне (WiFi) конекције за комуникацију са прикљученим или даљинским сензорима (Szydło и сарадници, 2016).

Трећи захтев је везан за избор оптималних хардверских компоненти и софтверских решења, који би требало да се користе за имплементацију целокупног решења. У циљу унапређења безбедности и здравља на раду, мобилни уређаји се користе већ неко време (Ibekwe и сарадници, 2016). Тренутно на тржишту постоје специјализована решења за управљање безбедношћу и здравља радника, заштиту на раду и ергономију; апликације за мерење осветљења, нивоа буке и вибрација засноване на паметним телефонима и др. Улоге ових апликација су различите, почев од обуке/тренинга до система за пријављивање догађаја (Johnson, 2002).

2.2Преглед актуелних комерцијалних решења за дати проблем

Развој информационих система за потребе управљања небезбедним условима и небезбедним поступцима у великој мери је, због комерцијалног потенцијала, област интересовања стручњака из индустрије, а мање научне заједнице. У наставку дат је преглед неких решења и њихових основних функционалности.

SafetySync- У питању је апликација у облаку за управљање БЗР (више видети на <https://www.safetysync.com>). Основни циљ ове апликације поред мониторинга је и тренинг/обука запослених и информисање запослених о актуелним регулативама и стандардима. Циљна група су предузећа свих величина. Ток употребе је базиран на слању низа инструкција и процене способности запослених да извршавају радне задатке дефинисане према одговарајућим стандардима.

Assignar је софтвер у облаку, који је намењен ширем спектру корисника из свих грана индустрије (<https://www.assignar.com>). Базиран је на слању-употреби временских линија, табела, наменски-креираних форми, систему доделе и награде за испуњене радне задатке.

SiteDocs је још једна облак-апликација, која омогућава управљање безбедношћу на раду (видети на <https://www.sitedocs.com>). Примарно је намењена за грађевинарство и одржавање индустријских постројења. Кључне функционалности су дигитално управљање документацијом, усклађивање пословних процеса и тзв. огласне табле. Одговорним лицима пружа у реалном времену информације о сертификатима, обукама и акцијама које запослени обављају на терену.

SafetyTek је платформа у облаку за управљање ризицима везаним за здравље и безбедност на раду (<https://safetytek.ca>). Примарни корисници ове платформе су из области индустрије нафте и гаса, конструкција и електронске опреме кућне намене. Функционалности ове платформе укључују: управљање извештајима, процена ризика од небезбедних услова, генерисање извештаја о повредама итд.

3. Суштина техничког решења

Техничко решење припада области информационих технологија, тј. представља пример примене информационог инжењерства у индустријском окружењу. Решење се односи на развој програмског оквира за управљање небезбедним условима и небезбедним поступцима у реалном времену. Конкретно, решење је развијено као одговор за дефинисано уско грло које се јавља у већини МСП с обзиром да тренутни приступи подразумевају мануелно попуњавање и управљање документацијом (сходно ISO 9001, ISO 14001 и ISO 45001). Из перспективе менаџмента безбедности и здравља на раду (БЗР), предложено решење унапређује: 1) идентификацију индикатора БЗР; 2) управљање извештајима БЗР, 3) повећање свести и укључености запослених у идентификацију небезбедних услова (НУ) и небезбедних поступака (НП). При томе, решење је примарно развијено са фокусом на покривање потреба малих и средњих предузећа (МСП).

4. Детаљан опис техничког решења

Концепт предложеног решења приказан је на Слици 3. Основне компоненте решења су: 1) Централни Клауд (енгл. Cloud) сервер и 2) Удаљена мобилна апликација (која може бити покренута на Андроид уређајима, таблетицама или телефонима постављеним на одговарајућим местима у индустријској хали). Ове две компоненте доступне су следећим групама корисника: радницима у погону и менаџерима/инжењерима безбедности. Радницима су додељена права за употребу апликације за колекцију НУ и НП, као и за преписку са надређенима. Са друге стране, менаџер/инжењер БЗР ће (као корисник вишег нивоа) бити у могућности да користи апликацију како за прикупљање података тако и за делегацију инструкција на основу увида у прикупљене НУ/НП.



Слика 3. Концепт предложеног решења (Vukicevic и сарадници, 2019).

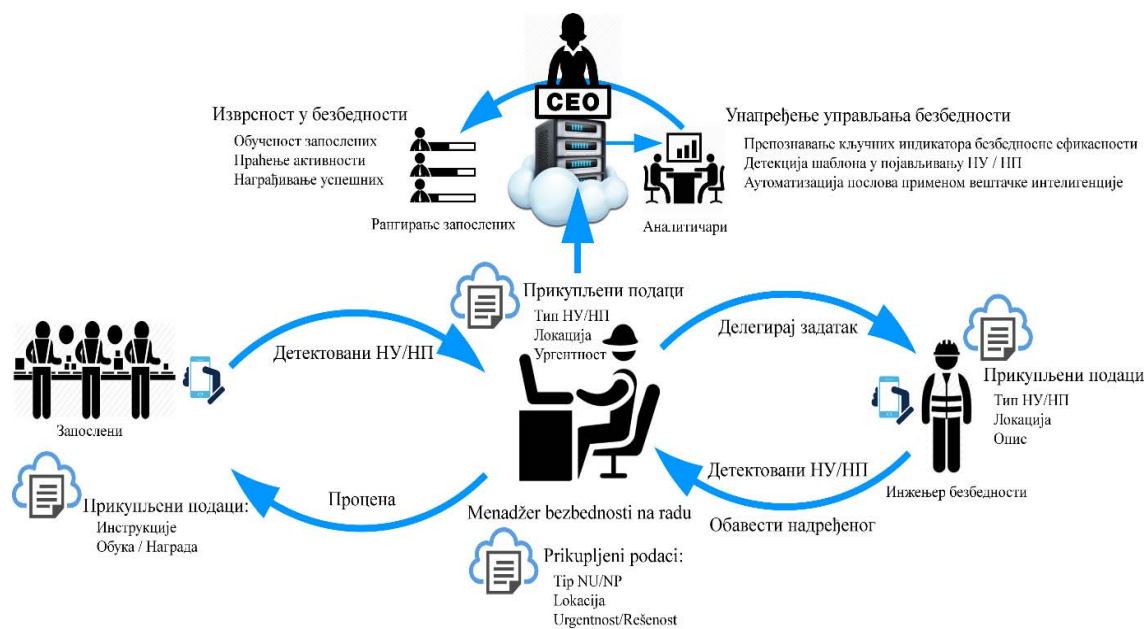
Решење је подељено у слојеве (енгл. Layers), где су две кључне компоненте енгл. Backend сервиси (који се покрећу на серверу у облаку) и енгл. Frontend (који се покреће на носивим уређајима или интернет-претраживачима)¹. Функционалности пословног слоја (енгл. Business layer) су имплементирани као веб-сервиси (енгл. Web services) у облаку (у основи, то су функције које се могу позвати са удаљеног уређаја, нпр. паметних телефона или претраживача)². Кориснички (енгл. UI или енгл. Frontend) слој укључује кориснички интерфејс који омогућава корисницима да интуитивно користе веб-сервисе постављене на централном серверу у облаку.

¹ Предност дељења архитектуре на слојеве-модуле који међусобно комуницирају је двострука. Прво, компоненте се могу користити независно; а друго, различите технологије могу се користити за имплементацију различитих слојева (Razavian и сарадници, 2019). Осигуравање такве флексибилности је важно за омогућавање скалабилности и проширивости функционалности система, које би се касније могле унапредити након раста МСП-а или заменити напредним технологијама.

² Сви НУ/НП који се прикупе од стране корисника се чувају систему за чување и управљање подацима (енгл. DBMS) који су инсталирани на дата-серверима.

Ток употребе решења

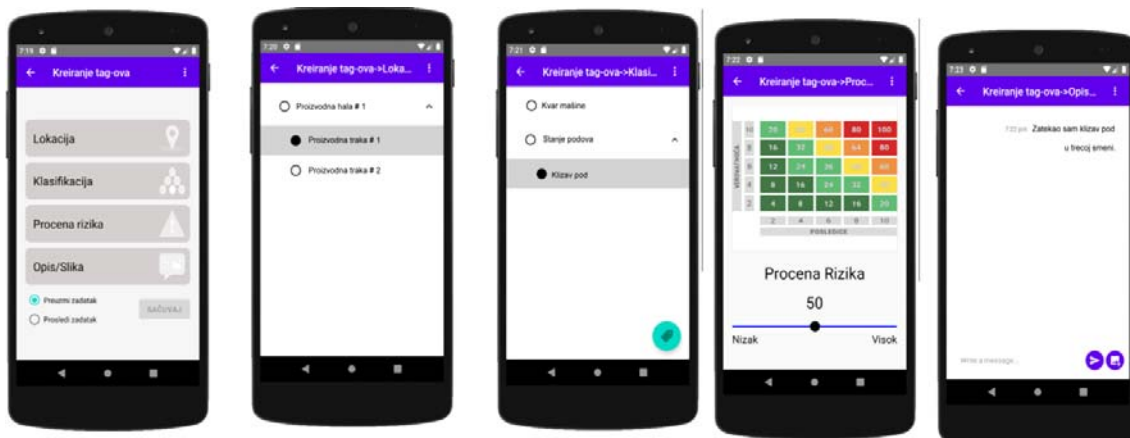
Скица тока употребе (енгл. Workflow), са нагласком на интеракцију корисника и протоку података, дата је на Слици 4. (Vukicević и сарадници, 2019). Идентификација НУ и НП представља почетак процеса. Пријављивање НУ и НП је дозвољено свим корисницима (запосленима, лицу за БЗР). Извештавање подразумева дефинисање НУ и НП, тј. њихове: врсте, локације и нивоа ризика. Након слања извештаја систему, одговорна особа прима обавештење и треба да креира радни задатак на основу прикупљених информација. Задатак може бити: а) слање упутства запосленима на месту догађаја (тј. кораци њихових даљих радњи или појашњења ако су погрешно разумели пријављени НУ/НП); и б) слање упутства инжењеру одржавања/БЗР да реши проблем. По завршетку посла, инжењер шаље повратну информацију систему - који обавештава менаџера/инжењера за БЗР о тренутном статусу задатка. Ако је задатак успешно обављен, менаџер/инжењер за БЗР затвара задатак; у супротном, он наставља преписку и даје додатне инструкције све до успешног решења пријављеног проблема.



Слика 4. Дијаграм тока са илустрацијом основних функционалности и корисника система (Vukicević и сарадници, 2019.)

Структура извештаја о НУ/НП

Сваки извештај треба да пружи јасне одговоре на четири кључна питања која идентификују сваки НУ и НП: "Локализација?", "Класификација?", "Одредити приоритете?" и "Описати?" (слика 5.).



Слика 5. Изглед корисничког интерфејса-функционалности за извештавање о НУ и НП. Корисник треба да наведе локацију, врсту, опис и приоритет пријављеног НУ/НП.

Локализација НУ/НП путем интуитивног графичког корисничког интерфејса (енгл. GUI). Ово подразумева прецизну локализацију, која би се могла обавити одабиром унапред дефинисаних тачака у листи менија (нпр. са именованим секторима радног погона).

Класификација НУ и НП подразумева одабир унапред дефинисаних опција (НУ/НП) из одговарајућег менија. Листа може варирати у зависности од врсте МСП-а (величине, врсте индустрије, прописа државе итд.).

Приоритет НУ и НП дефинише хитност да се предузме одговарајућа активност. Ове информације представљају субјективну-почетну процену запосленог који га је приметио у радном простору.

Опис НУ и НП омогућава запосленима да дају објективне информације о откривеном безбедносном ризику. Опис може садржавати текстуалну и/или сликовну поруку направљену употребом мобилног уређаја.

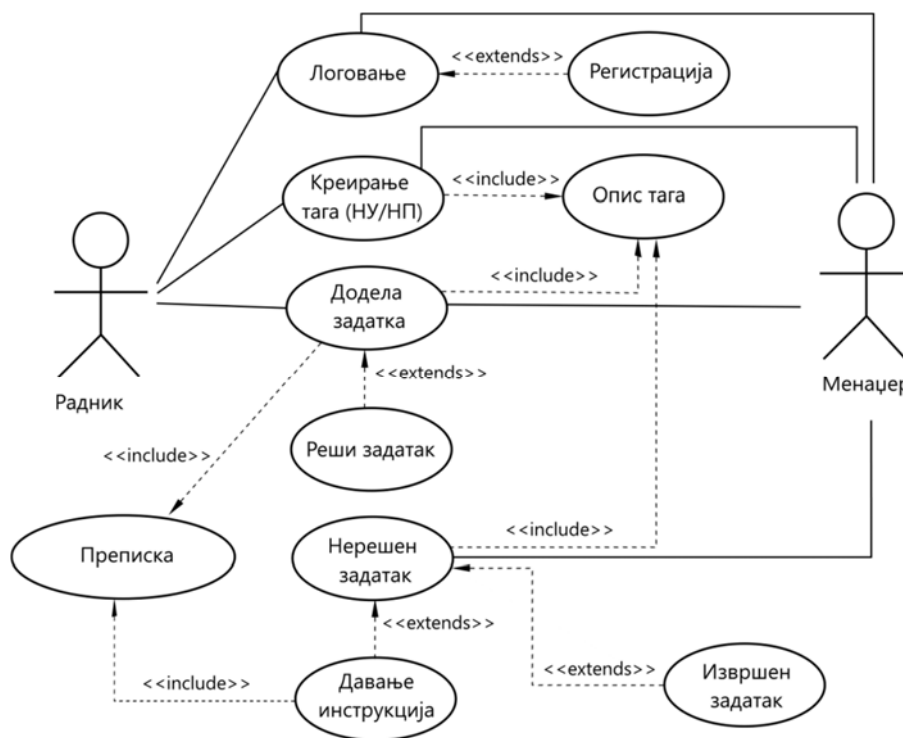
Комуникација између корисника у реалном времену

Поред главне функционалности, извештавања о НУ/НП, оквир има модул за размену порука који омогућава комуникацију у реалном времену између запослених. Делегирање задатака и даља преписка извршавају се у облику *чета* - тј. система за преписку, где инжењери за БЗР покрећу и одлучују када се тикет затвара. Преписка почиње након што се извештај о НУ/НП смести у базу података и након што менаџер/инжењер БЗР преузме обавештење о том извештају. Нотификација укључује прикупљене податке (локацију, врсту, опис и приоритет), које менаџер прегледа и на основу којих бира запосленог или инжењера за одржавање којем жели да додели задатак или пошаље поруку. Задатак се састоји од детаља-описа НУ/НП, заједно са

почетном поруком руководиоца, као и свим даљим порукама које се размењују током процеса решавања проблема-задатка. На крају, сваки корисник има увид у историју својих активности, док менаџер види сва активна питања и остварени прогрес у извршавању радних задатака.

Адаптација Safe-Tag оквира за компанију Машинг

Због величине компаније (20~30 запослених) и структуре, тим за управљање БРЗ састоји се од запослених и менаџера. UML дијаграми употребе прилагођеног решења дат је на слици 6. (Vukicevic и сарадници, 2019), док су његови одговарајући менији приказани на слици 7. (Vukicevic и сарадници, 2019). Корисници приступају систему тако што се пријављују (логују) или захтевају регистрацију. Обе врсте корисника имају следеће функционалности: 1) Извештавање о НУ/НП (функционалност „Креирање тага“ на слици 7.); 2) Одговарање на додељене задатке („Решити задатак“ на слици 7.) и 3) Упознавање са својом историјом извештавања и перформансама (карактеристика Резултати“ на слици 7.).



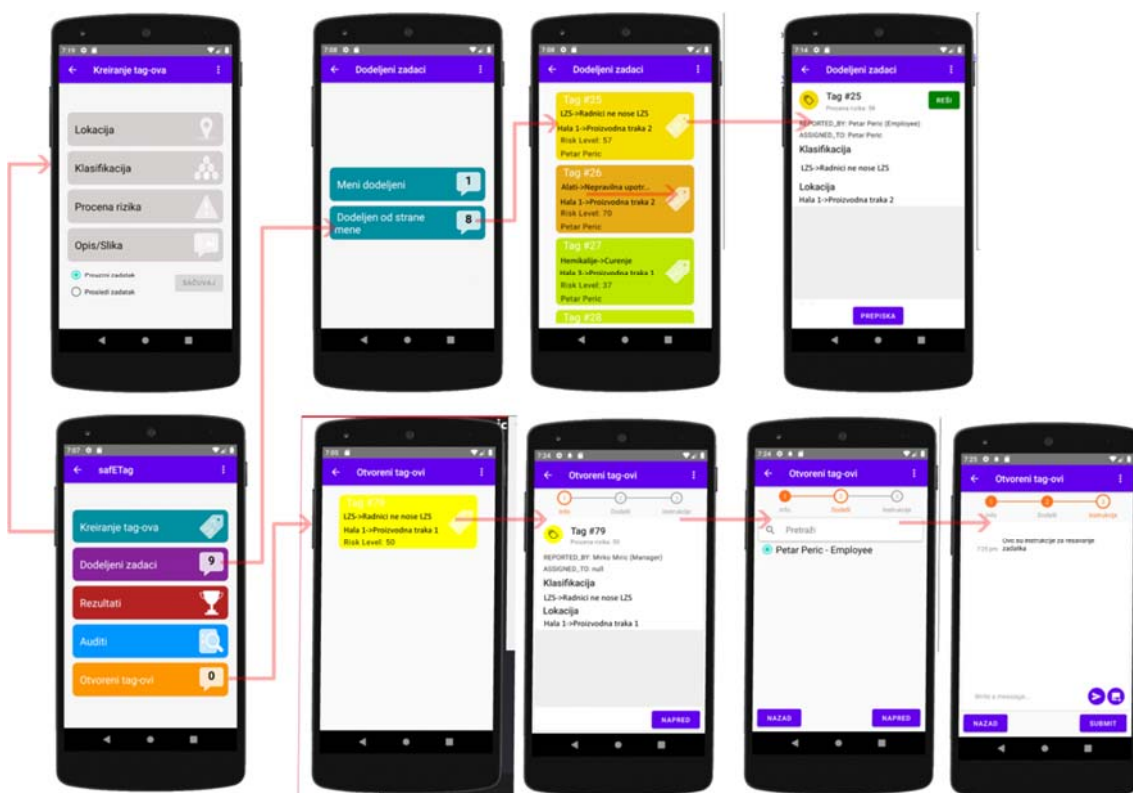
Слика 6. Енгл. UML Use case дијаграм прилагођене Safe-Tag апликације.

Функционалност "Додељени задаци" наводи све задатке који су додељени пријављеном кориснику. Дакле, треба изабрати задатак са листе (тј. „Таг 25“ на слици 7.) који треба да се реши, што даље води до прозора кореспонденције (на слици 7.). Прозор за преписку корисника имплементиран као енгл. Live chat, у којем запослени

размењују текстуалне или сликовне поруке у реалном времену (сличнодруштвеним мрежама). Након што менаџер процени да је задатак извршен, он преписку означава као „Решену“.

Корисник-менаџерима додатну функционалност која му омогућава да додељује радне задатке запосленима (укључујући себе) у вези са прикупљеним НУ/НП (функција „Отворени тагови“ на слици 7.). Једном када се таг (извештај) сачува у централној бази података, корисник-менаџер добија обавештење о томе колико је преосталих „Отворених тагова“.

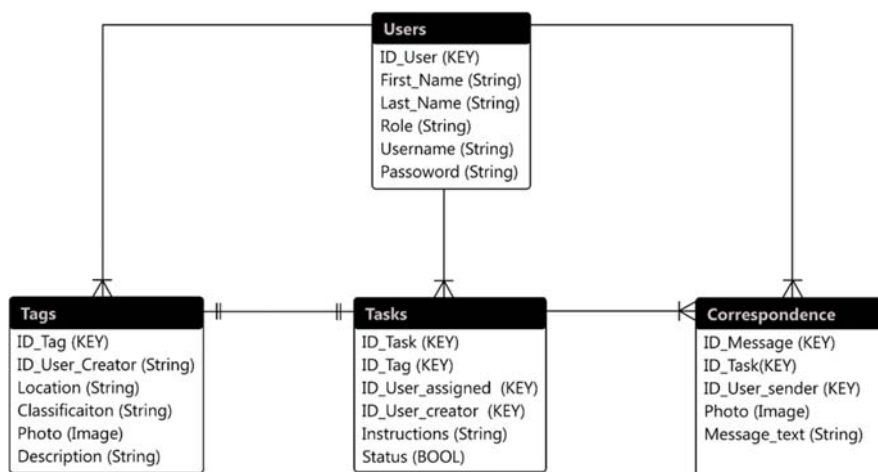
Корисник-менаџер такође може прегледати покренутне радне задатке и тагове (НУ/НП), проверити пружене информације (на слици 7.). Додељени радни задатак (на слици 7.) такође подразумева одабир одговорних запослених из падајућег менија и пружање упутства о њиховим даљим поступцима.



Слика 7. „Mock-up“ корисничког интерфејса за управљање извештајима (Слика преузета из рада Vukicevic и сарадници, 2019)

Интеракција корисника зависи од тога на који се начин логије у систем. Ако је логовање извршено као радник, на располагању су му активности прикупљање-креирање тагова и извршавање-решавање радних задатака. Уколико је корисник улогован као менаџер омогућено му је и да додељује радне задатке другим корисницима. Са дијаграма се види да систем омогућава конкурентно-паралелно

извршавање све три активности (неvezano од тога који их корисник извршава). Свака од три наведене активности има своје “подактивности”, које су на дијаграму изостављене ради прегледности односно зато што су секвенцијалне и претходно описане на сликама где се објашњава дијаграм активности. У пројектованом систему постоје четири врсте ентитета: Корисници, Радни задаци, НУ/НП-Тагови и Извештаји (слика 8.).



Слика 8. Дијаграм активности

Функционалност SafE-Tag позадине имплементирани су као енгл. RESTful веб сервиси у PHP програмском језику. Преношење података преко креираних веб сервиса врши се у JSON (JavaScript ObjectNotation) формату. Пошто је JSON једноставан текстуални формат, опште је прихваћен као погодан за размену порука између умрежених корисника. Омогућује ефикасан рад са порукама и структурама података које иначе резултују сложеним подацима у релационим базама.

Кориснички(енгл. Front end) слој је реализован помоћу React.JS оквира. Предност React-а је његов виртуелни DOMи алгоритам под називом Дифинг (енгл. Diffing), који ефикасније управља динамичким променама HTML садржаја у поређењу са традиционалним DOM рендеровањем.

Након револуције веб развоја, Facebook је прилагодио своју React технологију да ради и на нативним оквирима мобилних платформи. Супротно традиционалном хибридном приступу, React Native спаја предности развоја React веб корисничког интерфејса са робусношћу нативних API-ја мобилних платформи. То се постиже коришћењем посебног диспечера моста (енгл. Bridge dispatcher). Будући да је имплементиран помоћу C++, мост доноси ефикасност развоја React веб GUI-ја програмерима мобилних апликација.

5. Анализа предности и недостатака предложеног оквира

Основни бенефити примене овог предложеног оквира са гледишта менаџмента укључују смањење трошкова и сложености развоја, прилагођавања и одржавања. Наиме, мала и средња предузећа, због ограничених финансијских средстава не могу да улажу у сложену и скупу опрему. Стога, у будућности, предложено решење, и слична решења, ће имати примену у МСП с обзиром да не захтевају улагање великих финансијских средстава.

Предложено решење је базирано на примени добро документованих и open-source технологија, што значајно смањује сложеност (потребна је експертиза из једног програмског језика– JavaScript-a) и трошкове развоја. Минимално функционална апликација може да се развије за неколико недеља од стране искусног програмерског тима. То је зато што React Native омогућава корисницима да развију апликацију и саставе је за више платформи (iOS, Android). Штавише, компоненте React GUI написане за мобилне апликације могу се поново користити за, нпр. развој веб апликације компаније - и обрнуто (постојећа веб апликација се може прилагодити да ради на телефону).

Главни проблем у вези са коришћењем паметних уређаја у управљању БЗР представља сајбер-сигурност с обзиром да се сматра да коришћење приватних паметних телефона на радном месту може да створи ризик (Lee и сарадници, 2015; Savaliya и сарадници, 2015). У складу са тим, аутори техничког решења препоручују да се: а) постави неколико паметних уређаја на одговарајућа места у радном простору, како би запослени могли да им приђу и користе их; или б) укључи додатна софтверска заштита како би запослени могли да користе апликације попут Safe-Tag само ако су пријављени да се налазе на радном месту.

6 Закључак

Смањење броја повреда и непланираних и нежељених догађаја на раду до нуле представља важан циљ савремених индустријских система. Овај циљ се може постићи само проактивном идентификацијом претходника незгода на раду - попут небезбедних услова и небезбедних поступака. Нажалост, традиционални приступи (ручно попуњавање и праћење извештаја о НУ и НП) који се примењују у скоро свим малим и средњим предузећима - укључујући и изабрано предузеће показали су озбиљна ограничења у достизању циља "нула повреда на раду".

Иако постоји низ комерцијалних решења из области безбедности и здравља на раду, њихова примена у МСП је веома компликована због низа фактора. Сложеност, прилагодљивост и цена таквих решења представљају главне препреке за њихову ширу употребу у МСП(посебно у Србији), која имају ограничена финансијска средства у поређењу са корпорацијама и већим компанијама. С друге стране, већина решења представљена у научној литератури није јавно доступна, тако да њихова примена остаје занемарљива у индустријској пракси.

Као алтернативу, аутори техничког решења су предложили приступачно решење за управљање извештајима о НУ и НП у реалном времену. У консултацији са стручњацима из привреде, аутори техничког решења су предложи нови оквир за управљање НУ/НП у БЗР помоћу мобилних уређаја (SafE-Tag). У поређењу са тренутном праксом у разматраном предузећу (и сличним предузећима), предложени оквир пружа бенефите и запосленима и послодавцу кроз: 1) идентификацију кључних показатеља перформанси безбедности; 2) дигитализацију и побољшање постојећих система извештавања о безбедности; 3) побољшање културе БЗР; 4) боље разумевање и мерење доприноса радника у побољшању безбедности на раду.

7 Литература

- [1] Aponte-Luis J., Gómez-Galán J. A., Gómez-Bravo F., Sánchez-Raya M., Alcina-Espigado J., Teixido-Rovira P. M., (2018), An Efficient Wireless Sensor Network for Industrial Monitoring and Control Sensors, 18(1), pp.182-197, doi:<https://dx.doi.org/10.3390/s18010182>.
- [2] Badri A., Boudreau-Trudel B. Souissi A. S., (2018), Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern, Safety Science, 109, pp.403-411, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.012><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.012>.
- [3] Baldissoni G., Comberti L., Bosca S. and Murè S. (2018), The analysis and management of unsafe acts and unsafe conditions, Data collection and analysis, Safety Science, in press doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.006><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.006>.
- [4] Bauk S., Schmeink A., Colomer J. (2018), An RFID model for improving workers' safety at the seaport in transitional environment, Transport, 33(2), pp. 353- 363, doi:<https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1233512><https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1233512>.
- [5] Bragatto P., Ansaldi S., Agnello P., (2015), Small enterprises and major hazards: How to develop an appropriate safety management system, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 33, pp. 232-244, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.12.016><https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.12.016>.
- [6] Deb S., Carruth D. W., Sween R., Strawderman L., Garrison T. M., (2017), Efficacy of virtual reality in pedestrian safety research, Applied Ergonomics, 65, pp. 449-460, doi:<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.03.007><https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.03.007>.
- [7] Demichela M., Piccinini N. Romano A., (2004), Risk analysis as a basis for safety management system, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 17 (3), pp.179-185, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2003.11.003><https://doi.org/10.1016/j.jlp.2003.11.003>.
- [8] Fred A. M., (2002), Heinrich revisited: truisms or myths, National Safety Council Press.
- [9] Gnoni M. G., Lettera G., (2012), Near-miss management systems: A methodological comparison, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 25 (3), pp. 609-616, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2012.01.005><https://doi.org/10.1016/j.jlp.2012.01.005>.

- [10] Gnoni M. G., Saleh J. H., (2017), Near-miss management systems and observability-in-depth: Handling safety incidents and accident precursors in light of safety principles, *Safety Science*, 91, pp. 154-167, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.012><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.012>.
- [11] Gnoni M. G., Andriulo S., Maggio G., Nardone P., (2013), Lean occupational safety: An application for a Near-miss Management System design, *Safety Science*, 53, pp. 96-104, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.09.012><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.09.012>.
- [12] Golabchi A., Han S., Seo J., Han S., Lee S., Al-Hussein M., (2015), An automated biomechanical simulation approach to ergonomic job analysis for workplace design, *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(8), doi:[https://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000998](https://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000998)[https://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000998](https://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000998).
- [13] Grote G., (2012), Safety management in different high-risk domains- All the same?, *Safety Science*, 50 (10), pp.1983-1992, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.07.017><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.07.017>.
- [14] Harms-Ringdahl L., (2004), Relationships between accident investigations, risk analysis, and safety management, *Journal of Hazardous Materials*, 111 (1-3), doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.02.003><https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.02.003>.
- [15] Heinrich H.W., (1941), *Industrial accident investigation – A Scientific Approach*, McGraw-Hill Book Company, New York and London.
- [16] Herbert W. H. (1931), *Industrial accident prevention : a scientific approach*. New York : McGraw-Hill.
- [17] Hollnagel E., (2014), *Safety-I and Safety-II: the past and future of safety management*, CRC Press.

- [18] Hughes P., Ferrett E., (2009), Introduction to Health and Safety at Work. Elsevier, ISBN 9781856176682.
- [19] Ibekwe T. S., Folorunsho D. O., Dahilo E. A., Gbujie I. O., Nwegbu M. M. Nwaorgu O. G., (2016), Evaluation of mobile smartphones app as a screening tool for environmental noise monitoring, Journal of occupational and environmental hygiene, 13(2), doi:<https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1093134><https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1093134>.
- [20] Johnson C., (2002), Software tools to support incident reporting in safety-critical systems, Safety Science, 40(9), pp.765-780, doi:[https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(01\)00085-6](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(01)00085-6)[https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(01\)00085-6](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(01)00085-6).
- [21] Jung M., Park P., (2016), A Study on Developing of Low Cost for Safety Management System of Manufacturing Site in Developing Country Industrial Site using Arduino DEStech Transactions on Engineering and Technology Research, pp. 392-397.
- [22] Lee J., Bagheri B., Kao H. A., (2015), A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems, Manufacturing Letters, 3, pp. 18-23, doi:<https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>.
- [23] Legga S. J., Olsena K. B., Lairda I. S., Hasleb P., (2015), Managing Safety in Small and Medium Enterprises., Safety Science, 71 (Part C), pp. 189-196, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.11.007><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.11.007>.
- [24] Li Y., Guldenmund F. W., (2018), Safety management systems: A broad overview of the literature, Safety Science, 103, pp. 94-123, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.11.016><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.11.016>.
- [25] López-Robles J. R., Otegi-Olaso J. R., Porto Gómez I., Cobo M. J., (2019), 30 years of intelligence models in management and business: A bibliometric review, International Journal of Information Management, 48, pp. 22-38, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.013><https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.013>.
- [26] Nath N. D., Akhavian R., Behzadan A. H., (2017), Ergonomic analysis of construction worker's body postures using wearable mobile sensors, Applied ergonomics, Vol. 62, pp. 107-

117,

doi:<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.02.007><https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.02.007>.

[27] Park J., Yang X., Cho Y. K., Seo J., (2017), Improving dynamic proximity sensing and processing for smart work-zone safety, *Automation in Construction*, 84, pp. 111-120, doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.025><https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.025>.

[28] Pilloni V., (2018), How Data Will Transform Industrial Processes: Crowdsensing, Crowdsourcing and Big Data as Pillars of Industry 4.0, *Future Internet*, 10 (3), doi:<https://dx.doi.org/10.3390/fi10030024><https://dx.doi.org/10.3390/fi10030024>.

[29] Savaliya P. V., Somani S. B., Shete V. V., (2015), A Bluetooth Tele Health, Household Security and Industry Safety Realization by Android Smartphone”, *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 4(6), pp.382-385, doi:<https://dx.doi.org/10.17148/IJARCCCE.2015.4683><https://dx.doi.org/10.17148/IJARCCCE.2015.4683>.

[30] Sala G., Rosso A., Tornese F., Piga G., Malorgio B., (2018), Barriers, Drivers and Impact of a Simplified Occupational Safety and Health Management System in Micro and Small Enterprises, In *Advances in Safety Management and Human Factors: Proceedings of the AHFE 2018 International Conference on Safety Management and Human Factors*, Loews Sapphire Falls Resort at Universal Studios, Orlando, Florida, USA (Vol. 791, p. 81), Springer.

[31] Savaliya P. V., Somani S. B., Shete V. V., (2015), A Bluetooth Tele Health, Household Security and Industry Safety Realization by Android Smartphone, *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 4(6), pp. 382-385,<https://dx.doi.org/10.17148/IJARCCCE.2015.4683><https://dx.doi.org/10.17148/IJARCCCE.2015.4683>.

[32] Schall Jr M. C., Sesek R. F., Cavuoto L. A., (2018), Barriers to the Adoption of Wearable Sensors in the Workplace: A Survey of Occupational Safety and Health Professionals, *Human factors*, 60 (3), pp. 351-362, doi:<https://doi.org/10.1177/0018720817753907><https://doi.org/10.1177/0018720817753907>.

[33] Shin M., Lee H. S., Park M., Moon M., Han S., (2014), A system dynamics approach for modeling construction workers' safety attitudes and behaviors, *Accident Analysis & Prevention*, 68,

pp. 95-105,
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.09.019><https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.09.019>.

[34] Szydło T., Konieczny M., (2016), Mobile and wearable devices in an open and universal system for remote patient monitoring, *Microprocessors and Microsystems*, 46, pp. 44-54,
doi:<https://doi.org/10.1016/j.micpro.2016.07.006><https://doi.org/10.1016/j.micpro.2016.07.006>.

[35] Vukićević A., Đapan M., Stefanović M., Mačužić I.,(2019), Saf E-Tag mobile: A novel javascript framework for real-time management of unsafe conditions and unsafe acts in SMEs, *Safety Science*, 120, pp. 507-516.

[36] Wahlström B., Rollenhagen C., (2014), Safety management- A multi-level control problem, *Safety Science*, 69, pp. 3-17,
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.06.002><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.06.002>.

[37] Wu F., Wu T., Yuce M., (2019), An Internet-of-Things (IoT) Network System for Connected Safety and Health Monitoring Applications, *Sensors*, 19 (1), pp.1-21,
doi:<https://dx.doi.org/10.3390/s19010021><https://dx.doi.org/10.3390/s19010021>.

[38] Zou P. X., Lun P., Cipolla D., Mohamed S., (2017), Cloud-based safety information and communication system in infrastructure construction, *Safety science*, 98, pp. 50-69,
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.05.006><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.05.006>.