ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

М82 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**

М82 – 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 М21: 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 техологије, 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.

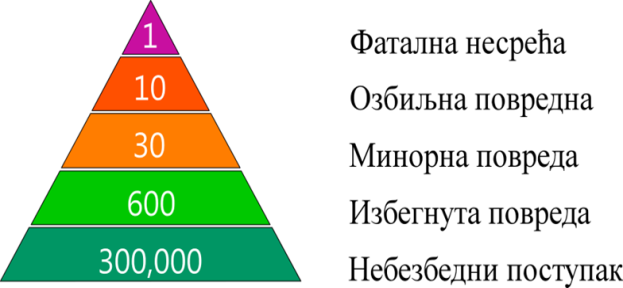
Појава ризичних ситуација је неизбежна на готово сваком радном месту, посебно у малим и средњим предузећима. Опште познати пример био би радник који ради на градилишту и који не носи заштитни шлем. Безбедносни пропусти оваквог типа су постали уобичајена појава (јер директно не изазивају повреде на раду), 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, Baldissone 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 MTOI (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 "*папирологију*" 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 (engl. 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 aутори 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).

**2.2****Преглед 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 плаформа 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, таблетима 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.

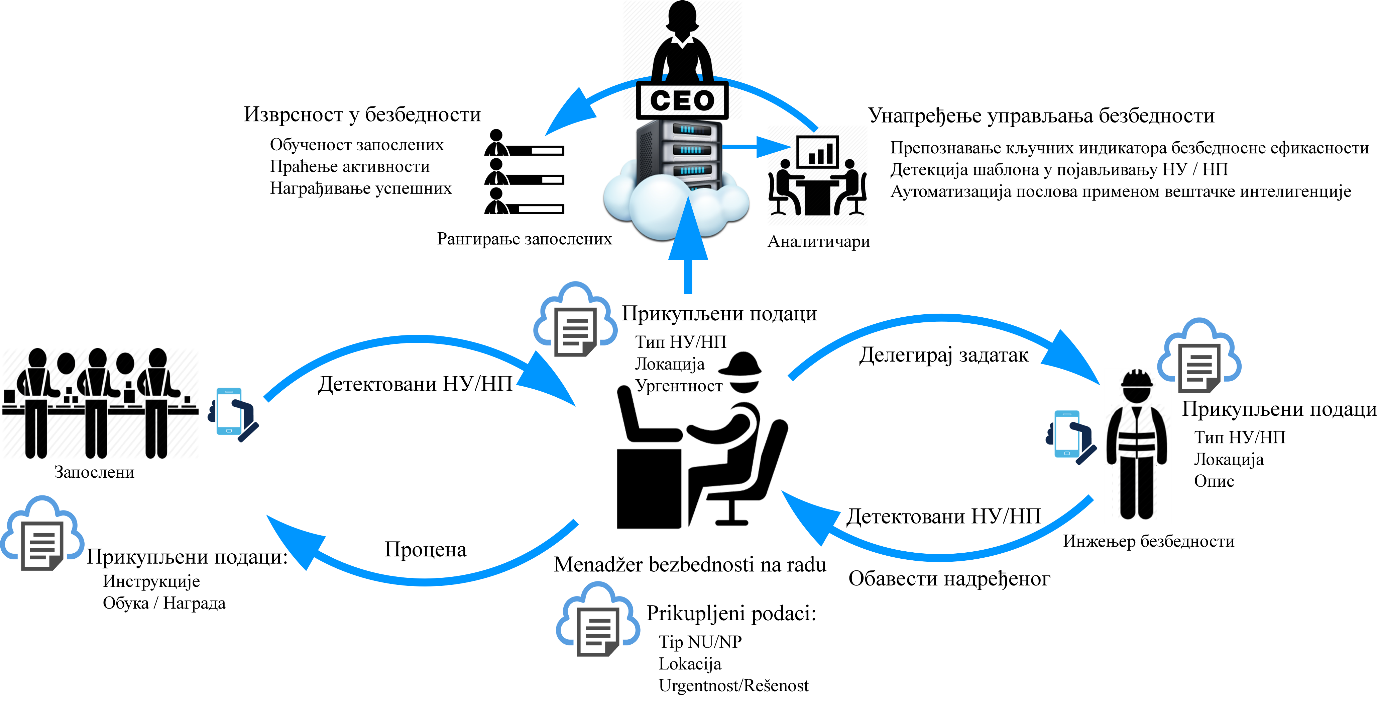


**Слика 3.** Kонцепт предложеног решења (Vukicevic и сарадници, 2019).

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]](#footnote-1). Функционалнисти пословног слоја (енгл. Business layer) су имплементиране 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]](#footnote-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.

## Ток употребе решења

Скица тока употребе (енгл. Workflow), са нагласком на интеракцију корисника и протоку података, дата је на Слици 4. (Vukicevic 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 (Vukicevic 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.).

C:\Users\PC\Downloads\IMG1.tif

***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 (величинe, врстe индустрије, прописa 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.

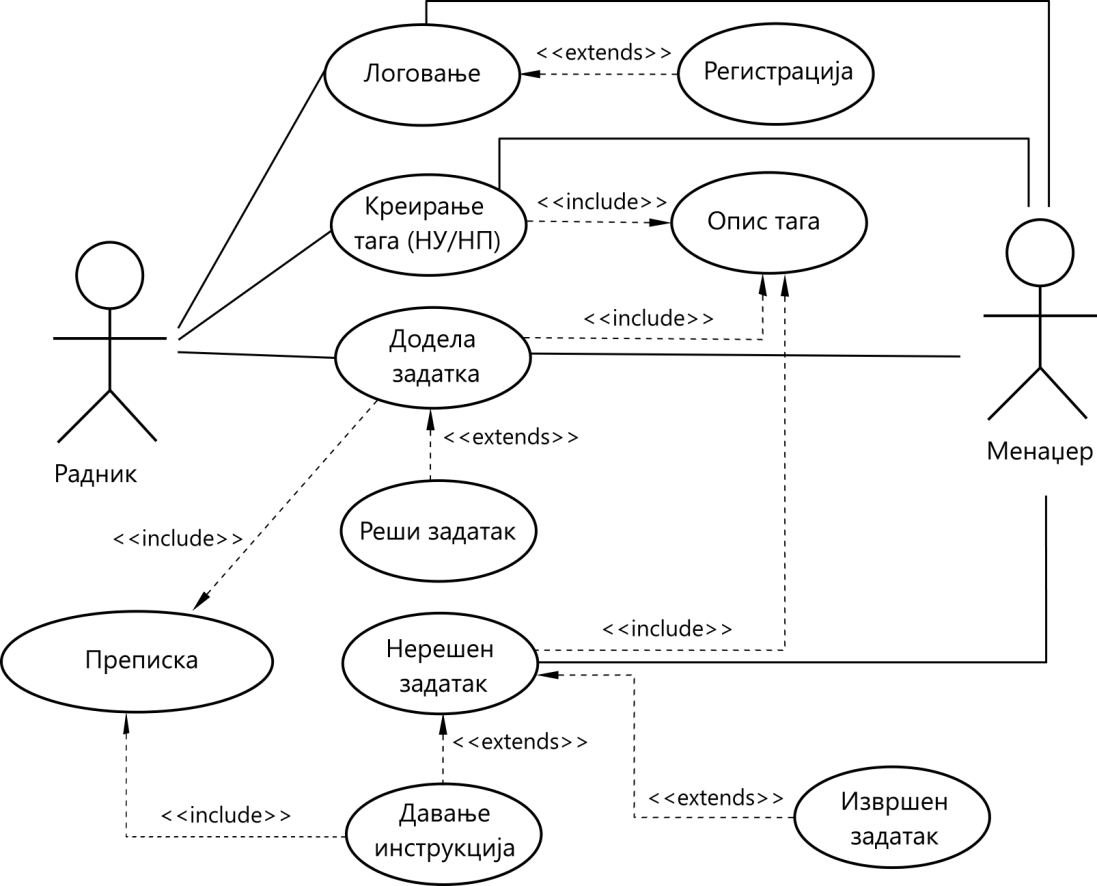
**Опис** НУ и НП омогућава запосленима да дају објективне информације о откривеном безбедносном ризику. Опис може садржавати текстуалну и/или сликовну поруку направљену употребом мобилног уређаја.

## 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) Oдговарање на додељене задатке („Реши 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. „Taг 25“ на слици 7.) који треба да се реши, што даље води до прозора коресподенције (на слици 7.). Прозор за преписку корисника имплементиран као енгл. Live chat, у којем запослени размењују текстуалне или сликовне поруке у реалном времену (слично друштвеним мрежама). Након што менаџер процени да је задатак извршен, он преписку означава као „Решену“.

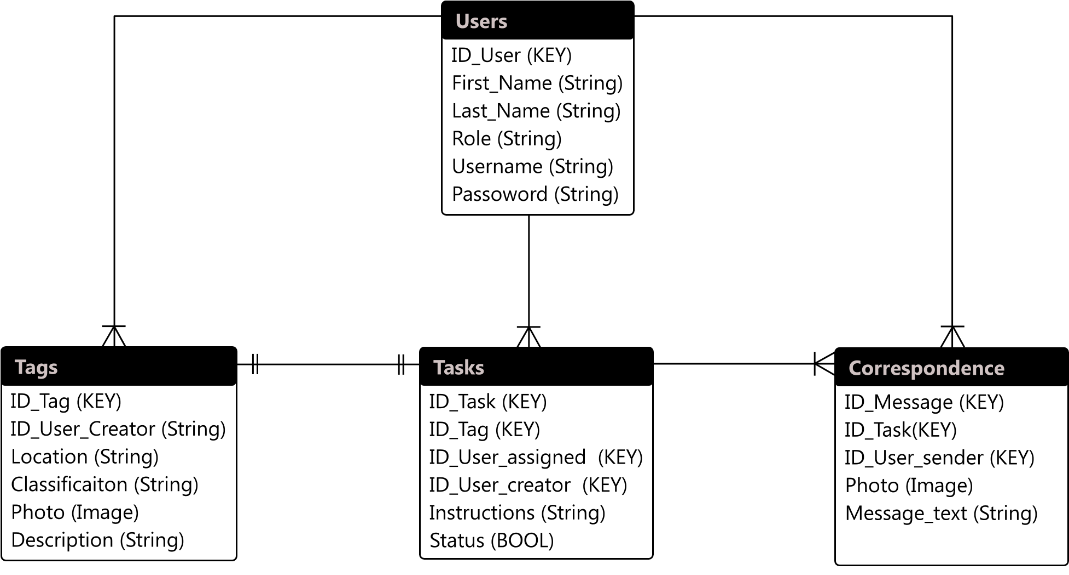
Корисник-менаџер има додатну функционалност која му омогућава да додељује радне задатке запосленима (укључујући себе) у вези са прикупљеним НУ/НП (функција „Отворени тагови“ на слици 7.). Једном када се таг (извештај) сачува у централној бази података, корисник-менаџер добија обавештење о томе колико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

C:\Users\PC\Downloads\IMG2.tif

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

Интеракција корисника зависи од тога на који се начин логује 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 (невезано 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 имплементиране 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 DOM и 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 платфоми. 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.

**4. 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 сa 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.

# **5 Закључак**

Смањeње 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.

# **6 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>.

[3] Baldissone 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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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/IJARCCE.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/IJARCCE.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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

[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>.

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 надолазећим технологијама. [↑](#footnote-ref-1)
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. [↑](#footnote-ref-2)