



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ  
ФАКУЛТЕТ ЗАШТИТЕ НА РАДУ У НИШУ



**Горан Љ. Јанаћковић**

**МОДЕЛИ УПРАВЉАЊА ИНТЕГРИСаниМ  
СИСТЕМОМ ЗАШТИТЕ ЗАСНОВАНИ НА  
ИНТЕРАКТИВНОМ ТИМСКОМ РАДУ**

**докторска дисертација**

Ниш, 2015.



UNIVERSITY OF NIŠ  
FACULTY OF OCCUPATIONAL SAFETY



**Goran Lj. Janačković**

**MODELS FOR INTEGRATED SAFETY  
SYSTEM MANAGEMENT BASED ON  
COLLABORATIVE WORK**

**PhD dissertation**

Niš, 2015.

## **Подаци о ментору и члановима комисије**

### **Ментор:**

Редовни професор, др Сузана Савић

Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду у Нишу

### **Чланови комисије:**

Редовни професор, др Бранислав Анђелковић

Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду у Нишу

Редовни професор, др Миомир Станковић

Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду у Нишу

Редовни професор, др Љубиша Папић

Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачаку

Доцент, др Драган Памучар

Универзитет одбране у Београду, Војна академија

**Датум одбране:** \_\_\_\_\_

## **Захвалност**

*Овим путем се захваљујем свим добрим људима који су ми помогли у изради ове дисертације. Посебно се захваљујем ментору и члановима комисије на свим добронамерним сугестијама, као и родитељима и брату који су ме све време подржавали.*

# МОДЕЛИ УПРАВЉАЊА ИНТЕГРИСАНИМ СИСТЕМОМ ЗАШТИТЕ ЗАСНОВАНИ НА ИНТЕРАКТИВНОМ ТИМСКОМ РАДУ

## Резиме:

У последњих 30 година, сведоци смо значајних побољшања у концептима заштите, као и метода и алата за анализу ризика сложених техничких система. Ипак, многе студије показују да се велики број незгода и удеса и даље догађа због лоше организације и управљања заштитом, због проблема у вези са комуникацијом и разменом информација, као и због неадекватног укључивања процеса заштите у пословне процесе организације. Наиме, постоји велики број система и процеса који су у вези са заштитом, а који су организационо раздвојени и самостално се развијају. Резултат тога је, често, неефикасан систем заштите.

Евидентан је развој стандарда и модела животног циклуса заштите. Модели животног циклуса могу да допринесу бољем управљању заштитом уколико се процеси заштите интегришу у пословне процесе. Интегрални поглед на процесе заштите доводи до веће валидације и сертификације целокупног животног циклуса организације. Зато је предложен модел животног циклуса интегрисаног система заштите. Интегрисани систем заштите представља јединствен систем који је у интеракцији или обухвата, делимично или потпуно, следеће системе и процесе: систем квалитета, техничке системе, системе заштите на раду, заштите од пожара и заштите животне средине, технолошке процесе, процесе планирања, процене ризика, одржавања, праћења и провере (мониторинга и аудита), обуке, организационог учења, управљања променама, реаговања у ванредним ситуацијама, извештавања и документовања, као и процесе управљања ресурсима (људским, интелектуалним, материјалним, финансијским, информатичким). Интегрисани систем заштите интегрише техничке системе са људским ресурсима и омогућава документовано управљање ризицима.

Ефикасност интегрисаног система заштите је битан аспект истраживања. У процесу истраживања идентификоване су кључне перформансе и критеријуми за интеграцију наведених система и процеса.

За анализу интегрисаног система заштите примењен је хијерархијски модел. Он укључује три основна критеријума: ризик, цену (трошкове) и друштвену одговорност. У контексту основних критеријума, разматрају се четири подкритеријума, који описују техничко-технолошке, људске, организационе факторе и факторе окружења. На основу

њих, селектирани су индикатори перформанси заштите: општи и специфични за одређену грану или делатност. Појам перформанси заштите обухвата скуп индикатора (показатеља) који квантитативно или квалитативно описују одређене учинке, доприносе, резултате који се остварују у систему заштите. Индикатори перформанси заштите дефинишу промене нивоа заштите у току времена, које се јављају као резултат акција које су спроведене са циљем редуковања одговарајућих ризика. Ефективност заштите процењује се на основу вредности перформанси заштите и перформанси организације, а „мери“ одговарајућим индикаторима. Разматране су две различите класе индикатора заштите: индикатори активности (индиректни индикатори или индикатори подршке) и индикатори исхода (директни индикатори или индикатори последица). Приказана је структура фактора, перформанси и индикатора заштите на раду.

Као фактори успешности интеграције система заштите идентификовани су: слагање процедура заштите и радних процеса; постојање упутстава за интеграцију заштите и процедура заштите; прецизно дефинисање нивоа заштите; размена знања о заштити; вештине за интеграцију система заштите; имплементација правних норми и стандарда; техничка подршка; ефикасно извештавање о заштити; вештине запослених у комуницирању и извештавању; функционалност технологија за подршку интеграцији; постојање механизма за континуално побољшање заштите; ефикасно управљање ресурсима и дефинисање приоритета; персонална обука о координацији и колаборацији; стратегија, интензитет и трошкови одржавања система заштите; расположивост фондова и база података о исходима заштите; јасне улоге у управљању заштитом; линијско управљање одговорношћу о заштити.

Приликом разматрања управљања у систему заштите, разматрани су следећи модели: модел управљања активностима заштите, модел управљања активностима животног циклуса заштите, модел прихватљивих перформанси, модел организационих акцидената и хибридни модели. Хибридни модели се препознају као ефикасан алат за анализу мултидисциплинарне природе интегрисаног система заштите на нивоу организације и одговарајућег радног оквира за процену ризика.

Због мултидисциплинарне природе интегрисаног система заштите незаобилазна је примена интерактивног тимског рада при његовој имплементацији, развоју и управљању. Интерактиван тимски рад, подржан информационим технологијама, обезбеђује оптимално управљање животним циклусом интегрисаног система заштите. Предложени модел интерактивног тимског рада у интегрисаном систему заштите

садржи елементе којима се описују активности које обавља појединац или група, независно од других или у сарадњи са појединцима или групама, уз коришћење постојећих комуникационих канала, база података и расположивих организационих ресурса. Приказани су модели интеракције и фактори успешности тимског рада. Описана је заједница праксе о заштити и наведени фактори успеха.

Да би се омогућило ефикасно управљање интегрисаним системом заштите, неопходна је одговарајућа рачунарска подршка. Описани су алати који се користе у процесу документовања интегрисаног система заштите, као и одлучивања. Приказан је модел документовања у интегрисаном систему заштите на нивоу организације.

Практични део истраживања обављен је у путарским предузећима у Србији. Фактори, перформансе и индикатори заштите, као и метод за рангирање и селектовање индикатора заштите на основу оцена експерата, аналитичког хијерархијског процеса и фази аналитичког хијерархијског процеса примењен је на Предузеће за путеве „Ниш”. Кључни индикатори перформанси заштите су идентификовани и рангирани на основу анализе ризика. Студија је утврдила значај организационих фактора за квалитет система заштите и доминацију индикатора активности и то: нивоа ефикасности управљања ресурсима, броја провера заштите у пракси, нивоа технологије заштите, праћења радних процедура и смањења броја послова са повећаним ризиком.

Предложен је начин примене кључних индикатора перформанси заштите, и то за: формирање базе података, информација и знања о заштити; изградњу модела и концепата заштите; бољи квалитет управљања интегрисаним системом заштите; као и за подршку одлучивању и тимском раду.

Истраживања приказана у докторској дисертацији заснована су на примени системског приступа у анализи интегрисаног система заштите и примени вишекритеријумске анализе у одлучивању.

Вредност истраживања заснована је на следећим резултатима:

- дефинисане су перформансе и критеријуми за интеграцију система заштите;
- дефинисан је модел животног циклуса интегрисаног система заштите;
- развијен је алгоритам процеса вишекритеријумског одлучивања у заштити;
- описана је заједница праксе о заштити и идентификовани фактори успеха;
- креиран је модел извештавања и документовања процеса управљања заштитом на нивоу организације;

- креирани су алати за вишекритеријумску анализу система заштите, засновани на аналитичком хијерархијском процесу и фази аналитичком хијерархијском процесу;
- креиран је модел интерактивног тимског рада и модел система за подршку одлучивању у заштити.

Резултати докторске дисертације представљају оригиналан научни допринос, који се рефлектује на начин анализе система заштите као интегрисане целине, уз разматрање ефеката технологије, појединаца, организације и окружења на управљање заштитом на раду, заштитом животне средине и ванредним ситуацијама.

Применљивост интегрисаног система заштите је могућа у великим организацијама, али и у малим и средњим организацијама, које могу да удруже своје ограничене ресурсе заштите у заједницама праксе.

Добијени резултати представљају основ за креирање web сервиса за акумулацију, чување, коришћење и одржавање базе знања о процени ризика и за подршку тимском одлучивању. Такође, отварају могућност истраживања у области квантификовања утицаја интегрисаног система заштите на пословне перформансе организације.

Докторска дисертација је резултат вишегодишњег истраживања аутора, која су обављана самостално и у сарадњи са колегама са Факултета заштите на раду у Нишу, Електронског факултета у Нишу и Института за квалитет радне и животне средине „1. Мај”, Ниш.

**Кључне речи:** ризик, удес, интегрисани систем заштите, интерактиван тимски рад, модели управљања, управљање засновано на ризику, вишекритеријумско одлучивање, рачунарска подршка

**Научна област:** Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду

**Ужа научна област:** Безбедност и ризик система

**УДК број:** 614.8:519.816 (043.3)



# **MODELS FOR INTEGRATED SAFETY SYSTEM MANAGEMENT BASED ON COLLABORATIVE WORK**

## **Summary:**

In the last 30 years, we have witnessed significant improvements in safety concept, as well as methods and tools for risk analysis of complex socio-technical systems. However, many studies show that a large number of accidents still happen due to poor organization and management of safety, problems with communication and information exchange, as well as inadequate including of safety processes in the business processes of the organization. In fact, there are a number of systems and processes related to safety that are separated and independently developed in an organization. The result is, often, ineffective safety system.

There is evident development of safety lifecycle standards and models. The models of safety lifecycle can contribute to better control of safety if safety processes are integrated with other organizational processes. An integrated view on safety processes leads to greater validation and certification of the entire lifecycle of the organization. Therefore, the lifecycle of an integrated safety system is proposed. An integrated safety system is a unique system that interacts or covers, partially or completely, the following systems and processes: quality system, technical systems, occupational safety systems, fire and environmental protection systems, technological processes, planning processes, risk assessment, maintenance, monitoring and verification (monitoring and audits), training, organizational learning, change management, emergency response, reporting and documentation, as well as the process of managing resources (human, intellectual, material, financial). An integrated safety system integrates the technical systems with human resources, and provides a documented risk management.

The efficiency of the integrated safety system is an important aspect of the research. In the process of research, the key performance indicators, their limits and criteria for the integration of these systems and processes are identified.

For the analysis of integrated safety system a hierarchical model is applied. It covers three basic criteria: risk, costs and social responsibility. In the context of the criteria, four sub-criteria are considered. They describe technical and technological, human, organizational and environmental factors. The term „safety performance” includes a set of indicators that quantitatively or qualitatively describe the specific effects contribution, the results that are achieved in the safety system. Based on them, the following groups of safety performance

indicators are selected: general, and specific to a particular industry or activity. Performance indicators define how safety level changes over time, as a result of the actions that have been carried out with the aim of reducing the corresponding risk. The effectiveness of safety is assessed according to the value of safety performance and organisational performance, and it is „measured" by corresponding indicators. Two different classes of safety indicators are considered: activity indicators (indirect indicators or leading indicators), and outcome indicators (direct indicators and lagging indicators). The structure of factors, performance and indicators of occupational safety is presented.

As the success factors of the efficient safety system integration, the following factors are identified: compliance of safety procedures with work processes; existence of guidelines for the integration of safety and protection procedures; precise definition of safety levels; exchange of safety knowledge; skills for safety integration; implementation of legal norms and standards; technical support; effective safety reporting; employees' skills in communication and reporting; functionality of supporting technologies for the integration; the existence of mechanisms for continuous safety improvement; efficient management of safety resources and setting priorities; personnel training on coordination and collaboration; maintenance strategies, intensity and cost of integrated safety system; availability of funds and databases on safety outcomes; clear roles in safety management; line management responsibility for safety.

During the analysis of safety system control, the following models are identified: safety activity control model, safety lifecycle activity control model, the model of acceptable performance, model of organizational accidents and hybrid models. Hybrid models are recognized as an effective tool for analysing multi-disciplinary nature of the safety system at organizational level, and relevant working framework for risk assessment.

Due to the multidisciplinary nature of safety system, it is unavoidable to apply collaborative work in its implementation, development and management. Collaborative work, supported by information technology, provides optimal lifecycle control of an integrated safety system. The proposed model of collaborative work in the integrated safety system contains elements that describe the activities performed by an individual or group, independent or in conjunction with individuals or groups, using existing communication channels, databases and available organizational resources. The models of interaction and success factors of teamwork are presented. The community of practice for safety is described and factors of success are identified.

In order to achieve effective management of an integrated safety system, a computer support is needed. Tools used in the process of documentation of safety system as well as decision-making are described. The model of documenting in an integrated safety system at the enterprise level is proposed.

The practical part of the research was carried out in road construction companies in Serbia. Factors, performance and indicators of safety, as well as a method for ranking and selection of safety indicators based on the evaluations of experts and fuzzy analytic hierarchy process is applied to road construction companies in Serbia. The key performance indicators of safety are identified and ranked based on risk analysis. The study confirmed the importance of organizational factors for the quality of the safety system and the dominance of activity indicators: the efficiency level of resource management, the number of safety inspections in practice, the level of safety technologies, monitoring work procedures and reducing the number of high level risk operations.

The method of application of key safety performance indicators is proposed for: creation of bases of data, information and knowledge on safety; building models and concepts of safety; better quality of integrated safety system management; as well as decision support and teamwork.

The research presented in the dissertation is based on systems approach during the analysis of integrated safety system, as well as the application of multi-criteria methods during the decision making. The value of the research is based on the following results:

- performance and criteria for integration of safety systems are obtained;
- the safety lifecycle model of integrated safety system is defined;
- the algorithm for multi-criteria decision making in safety is developed;
- the community of practice for safety is described and key success factors are identified;
- the model for reporting and documenting of safety management at organisational level is defined;
- tools for multi-criteria analysis of safety system, based on analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy analytic hierarchy process (Fuzzy AHP) are created;
- the model of collaborative work and the model of the decision support system for safety are proposed.

The results of the doctoral dissertation are the original scientific contribution, which is reflected in the way the analysis of the safety system as an integrated system is obtained, with

respect to the effects of technology, individuals, organizations and the environment on health and safety, environmental protection and emergency response.

The applicability of the integrated safety system is high in large organizations, but also in small and medium organizations, that can pool their limited safety resources in safety communities of practice.

The obtained results represent the basis for the creation of web services for the accumulation, storage, use and maintenance of the knowledge base on risk assessment and team decision-making support. It can also initiate the research in the field of quantification of the impact of the integrated safety system on the performance of an organization.

Doctoral dissertation is the result of years of author's own research carried out independently and in collaboration with colleagues from the Faculty of occupational safety in Nis, Faculty of electronic engineering in Nis, and The Institute for the quality of working and living environment „1. May”, Nis.

**Key words:** risk, accident, integrated safety system, collaborative work, control models, risk based management, multi-criteria decision making, computer support

**Scientific field:** Environmental and Workplace Safety Engineering

**Special topics:** Systems safety and risk

**UDC number:** 614.8:519.816 (043.3)

## САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
1.1. Проблем истраживања .....	2
1.2. Предмет истраживања .....	5
1.3. Значај истраживања.....	6
1.4. Циљ истраживања.....	7
1.5. Хипотезе истраживања.....	7
1.6. Методи истраживања.....	8
1.7. Научни допринос.....	8
1.8. Структура дисертације.....	10
2. СИСТЕМ ЗАШТИТЕ.....	12
2.1. Систем.....	13
2.1.1. Дефиниција и карактеристике система.....	13
2.1.2. Симболички приказ система.....	15
2.1.3. Комплексан систем.....	17
2.2. Системско инжењерство.....	20
2.2.1. Појам и карактеристике системског инжењерства.....	20
2.2.2. Системски инжењерски процес.....	21
2.3. Заштита као комплексан систем.....	24
2.3.1. Системски приступ заштити.....	25
2.3.2. Елементи и процеси у систему заштите.....	29
2.3.3. Квалитет и заштита.....	34
2.4. Интегрисани систем заштите.....	39
2.4.1. Интеграција система управљања.....	40
2.4.2. Функције и принципи за интеграцију система заштите.....	43
2.4.3. Фактори успешне интеграције система заштите.....	46
3. УПРАВЉАЊЕ СИСТЕМОМ ЗАШТИТЕ.....	51
3.1. Систем управљања заштитом.....	52
3.2. Вертикално управљање.....	54
3.3. Хоризонтално управљање.....	55

3.4. Управљање засновано на животном циклусу.....	57
3.4.1 Животни циклус заштите.....	57
3.4.2. Стандардизовање животног циклуса заштите.....	61
3.4.2.1. Животни циклус заштите према стандарду ИЕС 61508.....	62
3.4.2.2. Животни циклус заштите према стандарду ИЕС 61511.....	65
3.4.3. Модел животног циклуса интегрисаног система заштите.....	70
3.5. Управљање засновано на перформансама.....	72
3.5.1. Концепти индикатора заштите.....	73
3.5.2. Структура фактора, перформанси и индикатора заштите.....	74
3.5.3. Врсте индикатора перформанси заштите.....	77
3.5.4. Развој индикатора заштите.....	78
3.5.4.1. Развој организационих индикатора за потребе нуклеарних електрана.....	80
3.5.4.2. Индикатори оперативне заштите.....	82
3.5.4.3. Индикатори перформанси заштите.....	83
3.5.4.4. Персонални индикатори заштите.....	84
3.5.4.5. Технички индикатори заштите.....	85
3.5.4.6. Разматрање индикатора у контексту отпорности.....	86
3.5.5. Избор индикатора заштите.....	88
4. МОДЕЛИ УПРАВЉАЊА ЗАШТИТОМ.....	91
4.1. Моделирање комплексних система.....	92
4.1.1. Технике моделирања комплексних система.....	93
4.1.1.1. Анализа друштвених мрежа.....	93
4.1.1.2. Бајесове мреже.....	94
4.1.1.3. Моделирање конфигурација.....	95
4.1.1.4. Системска динамика.....	96
4.1.1.5. Теорија мрежа актера.....	97
4.1.1.6. Моделирање засновано на агентима.....	98
4.1.1.7. Техника заснована на фази бројевима.....	99
4.2. Моделирање управљања заштитом.....	100
4.2.1. Модел управљања активностима заштите.....	100
4.2.2. Модел управљања активностима животног циклуса заштите.....	102
4.2.3. Модел прихватљивих перформанси.....	103
4.2.4. Модели организационих акцидената.....	105

4.2.4.1. Основни модел организационих акцидената.....	105
4.2.4.2. Психо-организациони модел акцидената.....	106
4.2.4.3. Хијерархијски модел акцидената.....	107
4.2.5. Хибридни модели.....	109
4.2.5.1. Хибридни модел заснован на дијаграму секвенци догађаја и стаблу отказа.....	111
4.2.5.2. Хибридна каузална логика.....	112
4.2.5.3. Хибридна техника за моделирање организационих ризика.....	113
5. ИНТЕРАКТИВАН ТИМСКИ РАД И ОДЛУЧИВАЊЕ.....	116
5.1. Функционална интеграција и интерактиван тимски рад.....	117
5.1.1. Типови интеграције.....	118
5.1.2. Функционална интеграција и тимски рад.....	120
5.1.3. Фактори успеха интерактивног тимског рада.....	126
5.2. Модели интерактивног рада.....	131
5.2.1. Основни модел интеракције.....	132
5.2.2. Модел процеса тимског рада.....	134
5.2.3. Модел заједничке спознаје.....	135
5.2.4. Модел колаборације.....	137
5.2.5. Модели интерактивног рада тимова.....	139
5.3. Заједнице праксе за заштиту.....	141
5.3.1. Карактеристике заједнице праксе.....	141
5.3.2. Фактори успеха заједнице праксе о заштити.....	143
5.4. Одлучивање.....	145
5.4.1. Системски приступ одлучивању.....	145
5.4.2. Процес одлучивања.....	146
5.4.3. Проблем одлучивања.....	147
5.4.4. Врсте одлучивања.....	148
5.4.4.1. Једнокритеријумско одлучивање.....	148
5.4.4.2. Вишекритеријумско одлучивање.....	148
5.4.4.3. Вишекритеријумска анализа.....	150
5.4.5. Методи вишекритеријумске анализе.....	151
5.4.5.1. Елементарни методи.....	152
5.4.5.2. Методи са јединственим систематизовањем критеријума.....	154

5.4.5.3. Методи вишег ранга.....165

5.4.6. Групно одлучивање.....166

## 6. МОДЕЛ ОДЛУЧИВАЊА У ИНТЕГРИСАНОМ СИСТЕМУ ЗАШТИТЕ ЗАСНОВАН НА ИНТЕРАКТИВНОМ ТИМСКОМ РАДУ.....169

6.1. Вишекритеријумско одлучивање у заштити.....170

6.2. Студија случаја.....174

6.2.1. Методологија.....176

6.2.1.1. Дефинисање фактора, перформанси и индикатора заштите.....176

6.2.1.2. Структура аспеката, фактора и индикатора перформанси.....179

6.2.1.3. Селектовање кључних индикатора перформанси.....181

6.2.1.4. Рангирање кључних индикатора заштите применом АНР метода.....182

6.2.1.5. Рангирање кључних индикатора заштите применом FАНР метода.....186

6.2.2. Резултати.....189

6.2.2.1. Резултати селектовања кључних индикатора перформанси.....189

6.2.2.2. Резултати примене АНР метода.....191

6.2.2.3. Резултати примене FАНР метода.....196

6.2.2.4. Анализа резултата.....200

6.2.3. Примена добијених резултата.....210

6.2.3.1. Формирање базе података, информација и знања о заштити.....211

6.2.3.2. Изградња модела и концепата заштите.....216

6.2.3.3. Управљање интегрисаним системом заштите.....217

6.2.3.4. Подршка одлучивању и тимском раду.....219

6.2.3.4.1. Документовање интегрисаног система заштите.....221

6.2.3.4.2. Модел утицаја у интегрисаном систему заштите.....230

6.2.3.4.3. Софтвер за подршку тимском раду.....231

6.2.3.4.4. Систем за подршку одлучивању у заштити.....235

7. ЗАКЉУЧАК..... 240

8. ЛИТЕРАТУРА..... 245

БИОГРАФИЈА АУТОРА..... 274

ИЗЈАВЕ АУТОРА..... 278



## СПИСАК СЛИКА

- 2.1. Приказ система заснован на системској анализи..... 16
- 2.2. Модел активности са неопходним улазима и излазима..... 29
- 2.3. Систем заштите као отворени систем..... 30
- 2.4. Ефекти заштите на нивоу организације..... 37
- 2.5. Веза између циљева, основних функција, принципа и смерница интегрисаног система заштите..... 44
- 2.6. Концептуална веза између основних функција интегрисаног система заштите, и примењени принципи..... 45
- 3.1. Стандардна контролна петља примењена на процес заштите..... 52
- 3.2. Вертикално управљање заштитом..... 55
- 3.3. Управљање процесима, хоризонтални приступ..... 56
- 3.4. Приступ управљању заштитом заснован на животном циклусу..... 59
- 3.5. Модел животног циклуса заштите према стандарду IEC 61508..... 64
- 3.6. Концепти заштитних слојева у стандарду IEC 61511..... 66
- 3.7. Животни циклус заштите према стандарду IEC 61511..... 67
- 3.8. Фаза анализе у животном циклусу система заштите према IEC 61511..... 68
- 3.9. Фаза реализације у животном циклусу система заштите према IEC 61511..... 68
- 3.10. Фаза експлоатације у животном циклусу система заштите према IEC 61511..... 69
- 3.11. Животни циклус интегрисаног система заштите..... 71
- 3.12. Анализа и предвиђање удесних догађаја..... 75
- 3.13. Структура фактора заштите..... 76
- 4.1. Карактеристике и фактори утицаја на активности заштите у SAM моделу..... 101
- 4.2. Модел прихватљивих перформанси..... 104
- 4.3 Модел организационог акцидента..... 106
- 4.4. Општа форма хијерархијског управљања системом заштите у STAMP моделу.. 107
- 4.5. Секвенцијална примена модела..... 110
- 4.6. Паралелна примена модела..... 110
- 4.7. Секвенцијална примена модела, уз временску дистанцу примене..... 111
- 4.8. Хибридни модел заснован на дијаграму секвенци догађаја и стаблу отказа, пресликан у бинарно стабло одлучивања..... 112

4.9. Хибридни модел заснован на повезивању Бајесових мрежа са стаблима догађаја и стаблима отказа.....	113
4.10. Окружење за хибридно моделирање организационих ризика.....	113
4.11. Хибридно моделирање организационих ризика.....	115
5.1. Нивои интеграције.....	119
5.2. Радни простор приказан помоћу хијерархије дефинисане декомпозицијом и апстракцијом.....	120
5.3. Утицаји на интерактивни тимски рад у процесу управљања слабо спрегнутим радним активностима.....	122
5.4. Модел интерактивног тимског рада.....	133
5.5. Модел тимског рада.....	134
5.6. Модел заједничке спознаје.....	136
5.7. Иницијални модел колаборације.....	137
5.8. Модел интерактивног рада тимова.....	139
5.9. Схема на основу које се обавља одлучивање.....	149
5.10. Хијерархијска структура проблема у АНР методу.....	155
5.11. Аналитички хијерархијски процес (лево) и аналитички мрежни процес (десно)	159
5.12. Двонивоска структура одлучивања - аналитички хијерархијски процес (први ниво) и аналитички мрежни процес (други ниво).....	160
5.13. Распинути (фази) број, интервал поверења и степен сигурности.....	162
5.14. Троугаони и трапезоидни фази број.....	163
5.15. Троугаони фази број, $\alpha$ -пресек и пресечне вредности.....	164
6.1. Процес вишекритеријумског одлучивања у заштити.....	173
6.2. Хијерерхијска шема за рангирање индикатора заштите.....	180
6.3. АНР калкулатор.....	192
6.4. Резултати АНР калкулатора.....	192
6.5. Међурезултат FАНР калкулатора.....	199
6.6. Резултат FАНР калкулатора.....	199
6.7. Значај појединачних индикатора применом АНР метода.....	202
6.8. Резултат анализе применом FАНР метода за две вредности коефицијента $\lambda$ .....	205
6.9. Хијерархијски модел анализе нежељених догађаја у систему заштите.....	213
6.10. Размена података, информација и знања у систему заштите.....	214
6.11. Спирала организационог знања.....	215
6.12. Мрежа алата у систему размене знања.....	216

- 6.13. Информациони токови и индикатори у систему заштите..... 217
- 6.14. Модел управљања нежељеним догађајима у систему заштите са генрисањем нових података, информација и знања, и иницирањем акција..... 219
- 6.15. Документи и активности дефинисане на основу животног циклуса интегрисаног система заштите..... 222
- 6.16. Почетна страна SReport веб апликације..... 228
- 6.17. Модел утицаја у систему заштите заснован на системској динамици..... 231
- 6.18. Библиотека докумената у Alfresco систему..... 232
- 6.19. Модел система за подршку одлучивању у заштити..... 236

## СПИСАК ТАБЕЛА

2.1. Основне фазе системске анализе.....	22
2.2. Традиционалан и савремени приступ заштити.....	28
2.3. Стандардизовани системи управљања.....	41
2.4. Основни индикатори ефикасности интеграције система заштите.....	50
3.1. Однос нивоа интегритета заштите и вероватноће отказа на захтев, фактора редукције ризика, учесталости отказа и средњег времена рада до отказа.....	66
3.2. Пример индикатора активности.....	88
5.1. Развој интерактивног тимског рада у организацији.....	125
5.2. Фактори и аспекти интерактивног тимског рада.....	130
5.3. Општи атрибути заједница праксе.....	142
5.4. Фактори успеха заједница праксе.....	143
5.5. Превођење квалитативних у квантитативне атрибуте.....	150
5.6. Најчешће коришћени методи вишекритеријумске анализе.....	151
5.7. Скала од девет тачака (нивоа).....	155
5.8. Вредности индекса RI за различите димензије матрица поређења по паровима...	158
6.1. Примена метода вишекритеријумске анализе у заштити.....	171
6.2. Фактори, перформансе и индикатори заштите.....	177
6.3. Скала релативног значаја.....	184
6.4. Вредност RI индекса.....	185
6.5. Обична и фазификована Сатијева скала за поређење у паровима.....	187
6.6. Експертско рангирање техничких индикатора.....	189
6.7. Експертско рангирање људских индикатора.....	190
6.8. Експертско рангирање организационих индикатора.....	191
6.9. Експертско рангирање индикатора окружења.....	191
6.10. Поређење у паровима критеријума заштите.....	193
6.11. Поређење у паровима подкритеријума у односу на ризик.....	193
6.12. Поређење у паровима подкритеријума у односу на цену.....	193
6.13. Поређење у паровима подкритеријума у односу на друштвену одговорност.....	193
6.14. Поређење у паровима кључних техничких индикатора.....	194
6.15. Поређење у паровима кључних људских индикатора.....	194
6.16. Поређење у паровима кључних организационих индикатора.....	194

- 6.17. Поређење у паровима кључних индикатора окружења..... 194
- 6.18. Фази поређење у паровима критеријума заштите..... 196
- 6.19. Фази поређење у паровима подкритеријума у односу на ризик..... 196
- 6.20. Фази поређење у паровима подкритеријума у односу на трошкове..... 196
- 6.21. Фази поређење у паровима подкритеријума у односу на друштвену одговорност..... 197
- 6.22. Фази поређење у паровима кључних техничких индикатора..... 197
- 6.23. Фази поређење у паровима кључних људских индикатора..... 197
- 6.24. Фази поређење у паровима кључних организационих индикатора..... 197
- 6.25. Фази поређење у паровима кључних индикатора окружења..... 198
- 6.26. Коначне тежине (FWs) индикатора заштите применом АНР метода..... 201
- 6.27. Коначне тежине (FWs) фактора заштите применом FАНР метода..... 203
- 6.28. Коначне тежине (FWs) индикатора заштите применом FАНР метода..... 204
- 6.29. Резултата добијени применом АНР и FАНР метода..... 206
- 6.30. Резултати добијени применом FАНР метода за различите вредности  $\lambda$  коефицијента..... 207
- 6.31. Приказ резултата добијених применом АНР и FАНР метода за  $\lambda=0$ ..... 209
- 6.32. Прописани обрасци за вођење евиденције у области безбедности и здравља на раду..... 224
- 6.33. Софтвер за подршку тимском раду са поређењем јединствених функција креирања садржаја и интеракције..... 233

## СКРАЋЕНИЦЕ

<i>Скраћеница</i>	<i>Оригинални назив</i>	<i>Назив на српском језику</i>
AHP	Analytic Hierarchy Process	Аналитички хијерархијски процес
AIT	Advanced Information Technology	Напредна информациона технологија
ANP	Analytic Network Process	Аналитички мрежни процес
ANSI	American National Standards Institute	Амерички национални институт за стандардизацију
AUVA	Allgemeine Unfallversicherungsanstalt	Општи завод за заштиту од несрећа на раду
BCMS	Business Continuity Management System	Систем за управљање континуитетом пословања
CA	Consequence -Analysis	Анализа последица
CI	Consistency Index	Индекс конзистентности
CR	Consistency Ratio	Ниво конзистентности
CSCW	Computer Supported Cooperative Work	Рачунаром подржани кооперативни рад
CTCL	Competence of the Testing and Calibration Laboratories	Компетентност испитних и метролошких лабораторија
DMS	Dependability Management System	Менаџмент систем поузданости
DoE	Department of Energy	Министарство енергетике
ELECTRE	ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELimination and Choice Expressing REality)	Елиминисање и избор алтернатива
EMS	Environmental Management System	Систем управљања животном средином
EMS	Energy Management System	Систем управљања енергијом
ETA	Event tree analysis	Анализа стабла догађаја
FAHP	Fuzzy Analytical Hierarchy Process	Фази аналитички хијерархијски процес
FSMS	Food Safety Management System	Систем управљања безбедношћу хране
FTA / DFTA	Fault tree analysis / Dynamic Fault-Tree Analysis	Анализа стабла отказа / Динамичка анализа стабла отказа
HAZOP	Hazard and operability study	Студија хазарда и оперативности
HLI	High Level Indicator	Индикатор високог нивоа

<i>Скраћеница</i>	<i>Оригинални назив</i>	<i>Назив на српском језику</i>
HRA	human reliability analysis	Анализа људских грешака
IAEA	International Atomic Energy Agency	Међународна агенција за атомску енергију
IEC	International Electrotechnical Commission	Међународна комисија за електротехнику
INOSE	International Council on Systems Engineering	Међународни савет за системско инжењерство
ISMS	Information Security Management System	Систем управљања безбедношћу информација
ISMS	Integrated Safety Management System	Интегрисани систем управљања заштитом
ISO	International Organization for Standardisation	Међународна организација за стандардизацију
JSA/JHA	Job Hazard Analysis / Job Safety Analysis	Безбедност радног места и анализа хазарда
LLI	Low Level Indicator	Индикатор ниског нивоа
LOPA	Layer of Protection Analysis	Анализа нивоа заштите
MAUT	MultiAttribute Utility Theory	Вишеатрибутна теорија корисности
MAVT	MultiAttribute Value Theory	Вишеатрибутна вредносна теорија
MVC	Model–view–controller	Модел-преглед-контролер
NOMAC	Nuclear Organization and Management Analysis Concept	Концепт организације и анализе управљања у нуклераним организацијама
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	Организација за економску сарадњу и развој
OHSMS	Occupational Health and Safety Management System	Систем управљања здрављем и безбедношћу запослених
OSHA	Occupational Safety and Health Administration	Управа за безбедност и здравље на раду
OSIS	Operational safety indicators system	Систем индикатора оперативне заштите
PAS99	Publicly Available Specification	Јавно доступна спецификација интегрисаног система
PHA / HAZAN / WRAC	Preliminary Hazard Analysis / Hazard Analysis / Hazard and Workplace Risk Assessment and Control	Прелиминарна анализа опасности / анализа опасности / процена и контрола опасности и ризика на радном месту

<i>Скраћеница</i>	<i>Оригинални назив</i>	<i>Назив на српском језику</i>
PRA	Probabilistic risk assessment	Оцена ризика заснована на вероватноћи
PROMETHEE	Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation	Рангирање преференци за потребе евалуације
QMS	Quality Management System	Систем управљања квалитетом
REWI	Resilience based Early Warning Indicators	Индикатори раног упозорења засновани на „отпорности“
RI	Random Index	Случајни индекс
RMS	Risk Management System	Систем управљања ризиком
SAIC	Science Applications International Corporation	Међународна корпорација за примену науке
SIF	Safety Instrumented Function	Инструментална функција заштите
SIL	Safety Instrumented Level	Инструментални ниво заштите
SIS	Safety Instrumented System	Инструментални систем заштите
SLIM–MAUD	Success Likelihood Index Methodology – Multi Attribute Utility Decomposition Method	Методологија заснована на индексу успешности – метод вишеатрибутне декомпозиције
SMART	Simple Multiattribute Rating Technique	Једноставна техника вишеатрибутног рангирања
SMS	Security Management System	Менаџмент систем безбедности
SRMS	Social Responsibility Management System	Систем управљања корпоративном друштвеном одговорношћу
SSFT	Safety System Function Trend	Функција тренда система заштите
TOPSIS	Technique for the Order of Prioritisation by Similarity to Ideal Solution	Техника одређивања редоследа дефинисањем одступања од идеалног решења
UTA	Utility Additive Theory	Адитивна теорија корисности
WANO	World Association of Nuclear Operators	Светска асоцијација нуклеарних оператора
WPAM	Work Process Analysis Model	Модел анализе радног процеса
XML	Extensible Markup Language	Прошириви језик за означавање



# 1. УВОД

ПРОБЛЕМ И ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА

ЗНАЧАЈ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

МЕТОДИ ИСТРАЖИВАЊА

НАУЧНИ ДОПРИНОС

СТРУКТУРА ДИСЕРТАЦИЈЕ

## 1.1. ПРОБЛЕМ ИСТРАЖИВАЊА

Интензиван развој технологија, посебно информационо-комуникационих технологија, као и глобализација привредних токова, условили су формирање комплексних организација и нових организационих модела (виртуелне организације, организације које уче). Квалитет је постао парадигма конкурентности организације.

С обзиром да је заштита значајна перформанса квалитета, релације између заштите и организационих фактора могу се разматрати или на нивоу организације, што доприноси предикцији ризика, или кроз повезаност различитих нивоа, индивидуални–групни–организациони, што доприноси бољем управљању ризиком. Управљање ризиком захтева разумевање односа између фактора ризика како би се сагледали ефекти промена појединих фактора на укупан ризик организације. Како су ефекти организационих фактора резултат рада појединаца, анализу ризика треба заснивати на моделима који интегришу микро-перспективу (утицај разлика међу појединцима на индивидуалне перформансе) са макро-перспективом (утицај организационих фактора на перформансе заштите).

Иако постоје значајна побољшања у концептима заштите, као и напредне методе и алати за анализу ризика сложених друштвено-техничких система, и даље се догађа велики број незгода. Разлог овоме су, пре свега, лоша организација и управљање заштитом, проблеми у вези са комуникацијом и разменом информација, као и неадекватно укључивање процеса заштите у пословне процесе организације. Наиме, постоји велики број система и процеса који су у вези са заштитом, а који су организационо раздвојени и самостално се развијају. Резултат тога је, са једне стране, неефикасан систем заштите, а са друге, развој интегрисаних система заштите.

Систем управљања интегрисаним системом заштите подразумева организациону структуру, одговорности, процедуре, процесе, информације и ресурсе који су неопходни да би се ефикасно и ефективно извеле све активности које се односе на заштиту људи, очување стања радног и животног окружења и спречавање капиталних и оперативних губитака. Организациона структура утиче на могућност имплементирања концепта управљања заштитом. Најчешће примењиване структуре управљања су вертикално управљање и хоризонтално управљање, док новији концепти управљања, као што су управљање засновано на животном циклусу заштите, управљање засновано на перформансама заштите, или нека њихова комбинација која представља хибридни модел управљања, још увек представљају изузетке. И док за

управљање засновано на животном циклусу заштите постоје стандардизоване, мада непотпуне смернице, модел управљања заснован на перформансама заштите захтева додатно ангажовање организације у смислу дефинисања адекватних индикатора перформанси и њихове метрике.

Одређене организације имају као циљ постизање најбољих могућих резултата у пословању. Оцењивање перформанси било ког пословног процеса, као и система заштите, може да помогне у постизању врхунских пословних резултата.

Оцењивање перформанси заштите је плански процес у коме организација пореди процесе и перформансе заштите са другима, како би се омогућило смањивање броја удесних догађаја, повреда и болести у вези са радом, загађење животне средине, побољшала примена правних норми које се односе на заштиту и смањили непредвиђени трошкови. Али не само то. То је континуално обучавање, учење о организационим предностима и недостацима у процесима заштите, а затим деловање на основу идентификованих недостатака. Главни циљ је постизање побољшања у систему заштите.

Индикатор перформанси заштите је средство за мерење промена нивоа заштите у току времена. Индикатори заштите се традиционално мере након што се догоди несрећа (нпр. број повреда, број акцидената, трошкови). То значи да мора да се догоди акцидент, или да особа буде повређена, како би се одредила вредност индикатора заштите. Ови индикатори перформанси називају се „закасни“ индикатори (енг. lagging indicators). Савремени поступци мерења перформанси заштите подразумевају одређивање индикатора стања и догађаја који претходе непожељном догађају, укључујући процену потенцијалног губитка. Они се повезују са активностима које су проактивне (превентивне), како би се идентификовале опасности и проценио, елиминисао, смањило или контролисао ризик. Ови показатељи се називају „водећи“ индикатори (енг. leading indicators).

У пракси се индикатори заштите не примењују довољно. Проблем примене индикатора огледа се у постојању различитих класификација и дефиниција, чији је узрок мултидисциплинарна природа заштите и различити погледи на претходна истраживања. Индустрије у којима се јављају велике несреће могу имати велику корист од примене постојећих метода за развој индикатора заштите, али њихов развој зависи од контекста примене и не постоји универзални модел или метод за развој индикатора. Методи за развој превентивних (проактивних) индикатора, као што су

организациони индикатори, и даље нису прецизирани, јер постоји проблем недостатка података (управљачка дилема). Индикатори којима се описује „отпорност“ организације могу да опишу ситуације у којима не постоји потпуно знање о потенцијалном проблему, јер је фокус на спремности организације на појаву догађаја који није унапред предвиђен.

Теоријске разлике између група индикатора постоје, али се треба фокусирати, пре свега, на развој и примену индикатора који могу бити од користи да би се на време добиле информације о потенцијалној појави великих акцидентата у будућности услед недостатака у систему заштите. Веома значајан је избор кључних индикатора, што се може обавити применом метода вишекритеријумске анализе на основу експертних оцена или постојећих искуствених података. На основу индикатора обавља се одлучивање које се односи на систем заштите, селекују мере или управља процесима.

Анализа интегрисаних система заштите захтева развој нових модела и техника. Хибридни модели се препоручују као ефикасан алат за анализу мултидисциплинарне природе заштите на нивоу организације и одговарајућег радног оквира за процену ризика. Хибридни модели укључују и обезбеђују динамичку интеракцију различитих метода и техника за: (1) анализу ризика техничких система (нпр. анализа енергије, анализа опасности и операбилности, анализа стабла отказа, анализа стабла догађаја, операциона истраживања); (2) анализу рада оператера (нпр. техника за предвиђање нивоа људске грешке, анализа когнитивне поузданости и грешке, регресиона анализа); (3) анализу управљачке делатности (нпр. аудит заштите, здравља и окружења, анализа акцидента, мултикритеријумска анализа и оптимизација); (4) анализу детерминистичких релација (нпр. дијаграми токова).

Због мултидисциплинарне природе интегрисаног система заштите незаобилазна је примена интерактивног тимског рада при његовој имплементацији, развоју и управљању. Интерактивни тимски рад представља процес у коме особе које посматрају различите аспекте проблема могу да конструктивно разматрају разлике и траже решења која превазилазе њихову ограничену визију. У овом процесу се генеришу нове идеје и нова решења, која проистичу из различитих перспектива гледања на исти проблем, односно знања и искуства које имају особе у организацији и ван ње.

Интерактивни тимски рад се заснива на информационо-комуникационим технологијама. Интеракција се остварује на три нивоа: конверзација, трансакција и групне активности. Конверзациона интеракција представља размену информација

између два или више чланова тима, при чему је примарни задатак интеракције откривање или дефинисање веза. Трансакциона интеракција подразумева размену трансакционих ентитета, чији је циљ промена везе између чланова тима. Када се ради о групним активностима, главна веза између чланова тима је промена одређеног заједничког ентитета, као што је развој идеје, креирање пројекта или постизање заједничког циља. Због тога је неопходно обезбедити управљање документима, дискутовање, праћење историје догађаја, као и друге механизме везане за управљање садржајем.

Тимски рад подразумева да појединци заједно раде у координацији, ради остваривања заједничког циља. Испуњавање циља је примаран разлог њиховог удруживања, а софтвер помаже поједностављивање рада тимова омогућавањем комуникације, интеракције и процеса решавања проблема. За потребе комуникације и интеракције у интегрисаном систему заштите обично се примењује софтвер опште намене.

Системи за подршку тимском одлучивању имају задатак да помогну у процесу доношења одлука. То су рачунарски засновани информациони системи који помажу особама да доносе кључне одлуке, чиме се побољшава ефикасност процеса решавања проблема од стране извршилаца. Због потребе за анализом типа “узрок-последича”, реализују се као интерактивни системи, односно *on line* интерактивни системи, где се корисник полагано уводи у процес одлучивања, корак по корак, на начин како то дефинише кориснички интерфејс система.

Минимална конфигурација система за подршку одлучивању састављена је од компоненти за управљање дијалозима, подацима, моделима и знањем. Да би систем функционисао, неопходно је да се користе подаци из окружења, као и одговарајуће базе података, модела и знања. Међутим, када се ради о интегрисаним системима заштите на формирању ових база тек треба радити.

## **1.2. ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА**

Предмет истраживања у докторској дисертацији је интегрисани систем заштите. Интегрисани систем заштите представља јединствен систем који обухвата, делимично или потпуно, следеће системе и процесе: систем квалитета, техничке системе, системе заштите на раду, заштите од пожара и заштите животне средине, технолошке процесе, процесе планирања, процене ризика, одржавања, праћења и провере (мониторинга и аудита), обуке, организационог учења, управљања променама, реаговања у ванредним

ситуацијама, извештавања и документовања, као и процесе управљања ресурсима (људским, интелектуалним, материјалним, финансијским). Интегрисани систем заштите треба да интегрише оперативне и техничке системе са људским ресурсима и да омогући документовано управљање ризицима.

У оквиру интегрисаних система заштите истражују се: (1) принципи интеграције парцијалних система заштите и пословних процеса; (2) општи и специфични индикатори перформанси за мерење ефективности и ефикасности интегрисаног система заштите; (3) модели управљања интегрисаним системом заштите; (4) модели интерактивног тимског рада; (4) системи, алати и технике за подршку тимском раду и одлучивању.

Конкретно истраживање је обухватило развој фактора, перформанси и индикатора заштите у путарским предузећима у Србији и начин њихове примене за повећање квалитета система заштите.

### **1.3. ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА**

Савремена истраживања презентована у еминентним часописима показују да је заштита значајна перформанса организације и да кроз смањивање корпоративног ризика доприноси њеном пословном успеху. Интегрисани систем заштите интегрише процесе заштите у пословне процесе организације и омогућава документовано управљање ризицима.

Предложене хибридне технике интегришу детерминистички и пробабилистички приступ моделирању и представљају ефикасан алат за одлучивање. Пошто се променљиве модела могу изабрати тако да одговарају параметрима одлучивања, хибридни модел се користи за утврђивање утицаја тимских одлука на перформансе интегрисаног система заштите у организацији.

Модел управљања интегрисаним системом заштите заснован на хибридном моделу управљања омогућава да се утврди колико је организација способна да елиминише постојеће ризике, односно на који начин организациони и управљачки фактори могу довести до повећаног ризика, што доприноси динамичкој адаптацији организације.

Комплексност и мултидисциплинарност проблема управљања интегрисаним системом заштите захтева интерактиван тимски рад. Стога је неопходно развијање одговарајућих софтверских алата за процену и управљање ризиком на нивоу организације, као и система за подршку интерактивном тимском раду при управљању интегрисаним

системом заштите. Ови системи и алати омогућавају брже и једноставније функционисање тимова, оптимално управљање заштитом, а тиме ефективнију и ефикаснију организацију.

#### **1.4. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА**

Циљ истраживања у оквиру докторске дисертације је изградња модела управљања интегрисаним системом заштите, као и развој модела и алата за интерактиван тимски рад и подршку одлучивању у комплексним системима.

Први део истраживања је теоријског карактера и подразумева дефинисање и анализирање интегрисаног система заштите, дефинисање функција, принципа и индикатора успешности интеграције, затим дефинисање животног циклуса и модела животног циклуса интегрисаног система заштите, модела управљања, као и модела интерактивног тимског рада и тимског одлучивања.

Други део истраживања је практичног карактера и односи се на дефинисање фактора, перформанси и индикатора перформанси заштите у путарским предузећима, као и на креирање алата за њихово рангирање и подршку тимском одлучивању при извештавању и оцењивању перформанси интегрисаног система заштите.

#### **1.5. ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА**

Као хипотетички оквир истраживања дефинисана је једна општа и три посебне хипотезе.

Према општој хипотези истраживања, приликом изградње и анализе ефикасности интегрисаног система заштите неопходна је примена системског приступа, а при управљању интегрисаним системом заштите треба користити хибридни модел подржан интерактивним тимским радом.

Посебне хипотезе истраживања:

1. Интегрисани систем заштите јача перформансе друштвене одговорности организације тиме што процесе заштите чини ефективнијим, а промене одрживим.
2. Хибридни модели се препознају као ефикасан алат за анализу мултидисциплинарне природе интегрисаног система заштите на нивоу организације и одговарајућег радног оквира за процену ризика. Хибридне технике интегришу детерминистичке и пробабилистичке методе, као и

квалитативне и квантитаативне методе, обезбеђујући флексибилни алат за управљање ризицима у комплексним (друштвено-техничким) системима.

3. Интерактиван тимски рад, подржан информационим технологијама, обезбеђује оптимално управљање животним циклусом интегрисаног система заштите.

## **1.6. МЕТОДИ ИСТРАЖИВАЊА**

У току истраживања коришћени су општи методи, пре свега, анализа и синтеза, индукција и дедукција, дијалектички метод, као и специфични методи сагласно проблему истраживања.

За идентификацију система и процеса заштите на организационом нивоу примењен је концепт системске анализе и објектно-оријентисана анализа. Интеграција система остварује се на основу заједничких захтева и процедура система управљања, процесног приступа и континуалног побољшања.

Као полазни модели истраживања користе се статички модели засновани на дијаграмима токова и утицаја, као и динамички модели у којима се користе дијаграми секвенци догађаја и стабла отказа. За динамичку интеракцију различитих модела у хибридни модел коришћени су методи системске динамике.

Избор и рангирање индикатора перформанси и утврђивање утицаја тимских одлука на перформансе интегрисаног система заштите извршено је експертним методом и методима вишекритеријумске анализе (аналитички хијерархијски процес и фази аналитички хијерархијски процес).

## **1.7. НАУЧНИ ДОПРИНОС**

Примена метода за процену ефикасности система заштите, појединачно или интегрисано, омогућава адекватну процену перформанси система заштите, једноставније идентификовање потенцијалних проблема у систему пре него што се јаве нежељени догађаји, редуковање негативних последица и идентификовање нових области примене. Потреба за применом оваквих метода јавила се у индустријама са великим потенцијалним негативним последицама по запослене и животну средину (нуклеарне електране, термоенергетска постројења, рудници са надземном и подземном експлоатацијом, хемијска и петрохемијска постројења, авионски саобраћај), али се све чешће примењују и на мање „опасне“ системе.



Истраживања у оквиру докторске дисертације су захтевала примену системског приступа у анализи и синтези резултата у интердисциплинарном и мултидисциплинарном окружењу, јер се ради о комплексном систему, у коме је неопходна веома сложена дијагностика постојећег стања и идентификовање потенцијалних опасности. Резултати истраживања представљају препоруке за смањење појаве нежељених догађаја, а самим тим и побољшање перформанси, повећање угледа и смањење трошкова предузећа.

Значајан допринос рада је потенцирање значаја дефинисања, избора и оцењивања индикатора перформанси заштите и интегрисања процеса заштите у све процесе у предузећу, као и истицање доприноса тимског рада и заједница пракси за ефикасно управљање заштитом.

Вредност истраживања огледа се у следећим резултатима теоријског и практичног карактера. Теоријски резултати се превасходно односе на интегрисани систем заштите и на моделе тимског управљања заштитом, а обухватају:

- дефинисање критеријума за интеграцију и индикатора перформанси интегрисаног система заштите;
- изградњу модела животног циклуса интегрисаног система заштите;
- развој алгорита процеса вишекритеријумског одлучивања у заштити;
- опис заједница праксе о заштити и идентификовање фактора успеха;
- креирање модела интерактивног тимског рада у процесу управљања заштитом;
- креирање модела извештавања и документовања процеса управљања заштитом на нивоу организације;
- предлог структурног модела система за подршку тимском раду и одлучивању у поступку управљања интегрисаним системом заштите.

Практични резултати се односе на примену дела теоријских резултата истраживања на путарска предузећа (конкретно на Предузеће за путеве „Ниш“), као и на креирање алата за вишекритеријумску анализу система заштите, заснованих на аналитичком хијерархијском процесу и фази аналитичком хијерархијском процесу.

Резултати докторске дисертације представљају оригиналан научни допринос који се рефлектује на начин анализе система заштите као интегрисане целине, уз разматрање ефеката технологије, појединаца, организације и окружења на управљање заштитом на раду, заштитом животне средине и ванредним ситуацијама.

## 1.8. СТРУКТУРА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Сходно предмету, циљу и постављеним хипотезама, докторска дисертација садржи уводни део, поглавља, закључна разматрања, попис коришћене литературе и прилоге.

*Увод* садржи опис проблема, предмета и значаја истраживања, циљеве, хипотезе и методе истраживања, као и научни допринос докторске дисертације.

Друго поглавље, *Систем заштите*, садржи објашење основних појмова који се односе на систем заштите. Описан је системски приступ заштити, затим елементи и процеси у систему заштите, дефинисан интегрисани систем заштите, функције и принципи интеграције, као и фактори успешне интеграције система заштите.

У трећем поглављу, *Управљање системом заштите*, приказани су принципи управљања системом заштите. Описано је хоризонтално управљање, вертикално управљање, управљање засновано на животном циклусу заштите и управљање засновано на перформансама. Истакнут је значај стандардизовања животног циклуса заштите и креиран модел животног циклуса интегрисаног система заштите. Приказан је концепт индикатора перформанси заштите, развој, врсте и начин избора индикатора.

Четврто поглавље, *Модел управљања заштитом*, поред описа техника моделирања комплексних система, садржи приказ модела управљања заштитом, и то: модел управљања активностима заштите, модел управљања активностима животног циклуса заштите, модел прихватљивих перформанси, модел организационих акцидента и хибридне моделе.

Пето поглавље, *Интерактиван тимски рад и одлучивање*, садржи описе типова интеракције, дефинисане факторе успешности тимског рада у заштити и анализу модела интерактивног рада, и то: основни модел интеракције, модел процеса тимског рада, модел заједничке спознаје, модел колаборације и модел интерактивног рада тимова. Описана је заједница праксе о заштити и дефинисани фактори успеха. На основу стања заштите описаног индикаторима приступа се одлучивању применом модела једнокритеријумског, вишекритеријумског и групног одлучивања, чије су карактеристике описане на крају овог поглавља.

Шесто поглавље, *Модел одлучивања у интегрисаном систему заштите заснован на интерактивном тимском раду*, садржи креиран и образложен алгоритим примене вишекритеријумског одлучивања у заштити и студију случаја са дефинисаном методологијом, приказом, анализом и применом резултата истраживања. Истраживање фактора, перформанси и индикатора перформанси заштите извршено је у путарским

предузећима у Србији, а конкретна анализа, опис, избор и рангирање кључних индикатора перформанси заштите односи се на Предузеће за путеве «Ниш». Приказани су и креирани алати за анализу резултата применом АНР и FUZZY АНР метода. Други део поглавља садржи препоруке и креиране моделе за примену индикатора перформанси заштите, и то: модел информационих токова заснован на индикаторима перформанси заштите; модел управљања нежељеним догађајима у систему заштите са генерисањем нових података, информација и знања, и иницирањем акција; модел докумената и активности интегрисаног система заштите; модел извештавања у области безбедности и здравља на раду; модел утицаја у систему заштите заснован на системској динамици; и модел система за подршку одлучивању у заштити.

*Закључак* садржи завршне коментаре и аргументе за потврђивање опште и посебних хипотеза истраживања, као и могућност даљих истраживања у овој области.

Након закључних разматрања следи попис коришћене литературе и биографија аутора. У прилогу дисертације дате су изјаве аутора о ауторству (Прилог 1.), о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације (Прилог 2.) и о коришћењу (Прилог 3.).

## **2. СИСТЕМ ЗАШТИТЕ**

СИСТЕМ

СИСТЕМСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ЗАШТИТА КАО КОМПЛЕКСАН СИСТЕМ

ИНТЕГРИСАНИ СИСТЕМ ЗАШТИТЕ

## 2.1. СИСТЕМ

Развој науке у деветнаестом и у првој половини двадесетог века ишао је у правцу специјализације наука и продубљивања све ужих подручја истраживања. Као последица таквог развоја наука јавили су се следећи феномени (*Савић, Станковић, 2012*):

- губитак представе о целини;
- губитак интереса за сагледавање целовите слике предмета истраживања;
- губитак могућности проверавања и корекције хипотеза уз помоћ резултата других научних дисциплина;
- озбиљни проблеми споразумевања, чак и у оквиру истих наука.

Стога се јавила потреба за свеобухватнијим методолошким сагледавањем стварности и формирањем нових сазнања на основу резултата појединачних научних дисциплина. Тако је настала општа теорија система. Централни појам у општој теорији система је „систем“.

### 2.1.1. Дефиниције и карактеристике система

У описивању садржаја и објашњавању значења појма „систем“ најчешће се користе синтагме „целина елемената“ или „јединство елемената“ (*Hebib, 2009*).

Blanchard у (*Blanchard, 2012*) наводи неколико дефиниција система:

- међусобно зависна група елемената који регуларно интерагују и формирају јединствену целину (*Merriam-Webster*);
- целина опреме, вештина и техника способних да извршавају и/или подржавају оперативну улогу; чине га опрема, повезана постројења, материјал, софтвер, сервис и особље које је одговорно за функционисање и подршку до нивоа када се сматра јединственом целином у предвећеном окружењу у коме делује (*MIL-STD-499*);
- интегрисана целина састављена од људи, производа и процеса који обезбеђују одређене функције којима се задовољава потреба или испуњава циљ (*EIA/IS-632*);
- скуп различитих елемената који заједно генеришу резултате које не могу да постигну појединачни елементи - људи, хардвер, софтвер, постројења, политике и документи, односно све оно што је неопходно да се постигне жељени резултат, који чине квалитет, својства, карактеристике, функције, понашања и

перформансе на нивоу система посматраног као целина; вредност коју даје систем као целина, независно од ефеката појединачних делова, примарно је дефинисан односима између појединачних делова, односно њиховом међусобном повезаношћу (International Council on Systems Engineering, INOSE).

Према (*Blanchard, 2012*), систем се карактерише следећим особинама:

- сложена комбинација ресурса у облику људи, материјала, опреме, софтвера, постројења, података, новца и др.;
- формира се у облику хијерархије, те је под утицајем других система вишег нивоа и спољашних фактора (фактора из окружења);
- дели се на подсистеме и повезане компоненте, а обим зависи од сложености и функција које систем извршава; то омогућава алоцирање захтева и анализу система и функционалних интерфејса;
- састоји се од различитих компоненти које међусобно интерагују, те је немогуће ефикасно пројектовати систем уколико се компоненте независно посматрају; посматрају се компоненте и њихове релације, а затим третира систем као целина;
- дефинисан је са одређеним циљем, који може бити функција, одговор на одређену потребу, или постизање резултата на најекономичнији могући начин, при чему могу постојати конфликтни циљеви, због хијерархијског уређења или постојања различитих подсистема, али се захтеви испуњавају на најбољи могући начин.

Sommerville дефинише систем као смислени скуп међусобно повезаних компоненти које функционишу у спрези како би се остварио одређени циљ (*Sommerville, 2001*). Карактеристика система је међусобна испреплетаност функционисања компоненти и њиховог понашања, односно немогућност њиховог независног посматрања. Сложене везе између појединачних компоненти система подразумевају да систем није проста сума појединачних делова. Систем поседује својства која су карактеристика за целину (*Checkland, 1981*), која не садрже појединачни делови система. Одређене карактеристике система се могу дефинисати на основу сличних својстава појединачних подсистема, али су најчешће резултат сложених интеракција и међусобних веза, које се не могу у потпуности разумети уколико се посматрају само појединачне компоненте система.

Wasson даје свеобухватнију дефиницију система, по којој је систем интегрисани скуп елемената који су међусобно интероперабилни, са појединачно експлицитно дефинисаним границама и могућностима, који синергетски делују у циљу постизања додатне вредности и омогућавања кориснику да испуни оперативне захтеве дефинисане мисијом у препорученом радном окружењу, уз постизање очекиваних резултата и вероватноће успеха (Wasson, 2006). Дакле, систем се састоји од више хијерархијских нивоа мањих целина (подсистема, елемената или компоненти), које су међусобно компатибилне према форми и функцији, повезане и чине складну целину. Сваки елемент система има одређену функцију усмерену ка остварењу циља, а сви у синергији доприносе постизању циља или сврхе целокупног система, при чему груписани елементи остварују већи добитак у односу на њихово појединачно посматрање као независне целине. Систем задовољава и економске критеријуме, тако да сваки процес додаје вредност улазним вредностима или параметрима, чиме се остварује сврха система и одређена корист за кориснике, уз разматрање ефеката других система у окружењу, као и непредвиђених околности, ризика или неизвесности, које могу умањити успех система или пореметити његово исправно функционисање.

### **2.1.2. Симболички приказ система**

Систем ( $S$ ) се симболички може представити у облику следеће тројке  $S = \{E, V, F\}$ , где је  $E$  – скуп елемената система;  $V$  – скуп веза;  $F$  – функција система.

Елемент система ( $E$ ) је предмет, особа, материјал или идеја која зависи од других предмета и делује на друге предмете, са одређеним својствима, зависно од циља истраживања, односно релевантности за систем и његово функционисање. Својства система одређена су својствима елемената (деловањем околине на елементе, деловањем елемената на околину, као и стањем елемената). Како систем не представља прост скуп елемената, неопходно је разматрање међусобних веза елемената у систему, чиме се дефинише структура система. Веза дефинише процесе размене материје, енергије и/или информација међу елементима система, али и елемената система са окружењем. Скуп веза ( $V$ ) садржи подскуп унутрашњих веза, чији су елементи само оне везе које партиципирају у стварању система, и подскуп спољашњих веза, који дефинише односе елемената система са окружењем. Везе елемената могу бити сталне или променљиве, у ком случају се адаптирају променама у окружењу или променљивим условима функционисања система.

Везе међу елементима система остварују се помоћу сигнала, а смер простирања сигнала одређује смер везе. Полазни елемент врши утицај или дејство на одредишни, док одредишни елемент трпи утицај или дејство полазног елемента. Сигнал је носилац информације, која се преноси као промена неког параметра сигнала (учестаност, амплитуда, брзина промене), а то дефинише и количину информације која се преноси. Информације су подаци којима је дат одређени смисао. Стога податак и информација нису синоними. Подаци су чињенице, појмови или догађаји описани на унапред дефинисани, формализовани начин, помоћу низова знакова или симбола, а имају вредност само ако могу да се бележе, региструју, обрађују и саопштавају корисницима. Информација је резултат обликовања, моделирања, организовања и трансформације података на начин који даје одређени смисао подацима, повећавајући ниво знања корисницима или примаоцима информација.

Систем треба да обезбеди одређену функцију, којом се дефинише избор елемената система, веза између елемената система, као и однос тих елемената са окружењем. То функционисање или понашање система је дефинисано функцијом циља система.

Систем се графички може представити једноставним дијаграмом, са улазом који дефинише побуде (стимулусе) и сигнале, који се обрађују у систему, а као резултат добијају се излази у виду производа, нових сигнала или сервиса. Да би овакав опис система био потпун, са становишта системске анализе, неопходно је описивање критичних информација које се односе на исправно функционисање система у радном окружењу, на карактеристике, атрибуте и својства, односно продукте и сервисе, затим жељене улазе и сметње, односно прихватљиве и неприхватљиве резултате, као и ресурсе, циљеве, интересне групе, физичка ограничења и управљање системом (Слика 2.1).



Слика 2.1. Приказ система заснован на системској анализи (Blanchard, 2012)



Сви системи имају специфичне атрибуте, својства, карактеристике, продукте и сервисе, који их јединствено карактеришу. Скуп атрибута, својстава и карактеристика система на јединствен начин идентификује и разликује систем, производ или услугу од осталих из исте класификације. Карактеристични основни атрибути система, као и опис њиховог значења, приказани су у (*Wasson, 2006*): животни циклус система; радни домен система; границе система; улога заснована на функцији циља система; задаци система; општи циљеви задатака и посебни циљеви учинка; ограничења и услови функционисања система; подобност система; критеријуми успешности система; функционалност система; ефективност система; ефикасност система; интегритет система; одржавање система; промовисање система; заштита система; способности система; стандардизација система; време одзива и осетљивост система; поузданост система; безбедност система; ризик система; заштита животне средине и здравља. Према (*Sommerville, 2001*), постоје два основна типа својстава система:

- функционална својства, која се јављају онда када сви делови система функционишу да би се постигао одређени циљ;
- нефункционална својства, као што су поузданост, ниво заштите или безбедност, која карактеришу понашање система у његовом оперативном окружењу.

Систем није независна целина, већ постоји у одређеном окружењу, односно функционише у неком контексту. Окружење утиче на функционисање и перформансе система. Понекад се и само окружење може третирати као систем, али обично представља више система са којима посматрани систем интерагује. Систем може да:

- утиче на окружење, преко својих излаза, мењајући га;
- прима утицаје из окружења, преко својих улаза, које је веома тешко предвидети.

Приликом разматрања карактеристика система, поред физичког окружења, веома значајно је и организационо окружење. Оно је описано политикама и процедурама, које су одређене на основу политичких, економских и друштвених апеката.

### **2.1.3. Комплексан систем**

Комплексан систем је сваки систем који садржи велики број интерактивних елемената (агената, процеса, итд) који имају нелинеарно резултујуће понашање и обично показује хијерархијску самоорганизацију (*Efroni et al., 2006, Rocha, 1999*). Разумевање

комплексних система захтева развој, односно коришћење нових научних алата, нелинеарних модела, неравнотежних описа и компјутерску симулацију.

Многи системи у нашем окружењу су комплексни. Према (*Иванова, Приходко, 2007*) карактеристике комплексних система су:

- размена информација обавља се на семантичком, смисаоном нивоу (за разлику од простих система где се одвија на синтаксном нивоу);
- понашање је засновано на систему вредности (а не само на одговарајућем циљу);
- понашање је стохастичко, због утицаја случајних процеса на битне карактеристике система;
- систем се самоорганизује, односно, развија се у правцу смањења ентропије без утицаја система вишег нивоа;
- комплексни су само системи живе природе.

Организација као чврста интеракција људских, организационих и техничких елемената, која егзистира у променљивом окружењу, представља комплексан систем. Људски, организациони и друштвени фактори су често критични за утврђивање да ли је организација успешна. Mumford истиче значај разумевања ефеката ових фактора на развој система у организацији, дефинишући социотехнику (*Mumford 1993, 2000*). Друштвено-технички (или социо-технички) дизајн заснован је на једнакости друштвених и техничких аспеката приликом дизајнирања система. Најзначајнији је вредносни систем, у коме запослени имају подједнак приоритет као и остали делови система (опрема, организациони елементи и др.). Идеално радно окружење, у коме технологија мења људе, још увек не постоји. Неопходна је партиципација запослених у систему, што представља демократски аспект овог начина посматрања система. За успешан друштвено-технички дизајн неопходне су следеће способности: знање, ресурси, тимски рад и лидерство, организација и етика. Ове способности се пресликавају у следеће компетенције појединаца (*Mumford 2000*):

- знање: могућност сваког појединца да научи на основу претходног искуства и да континуално унапређује своје знање у области којом се бави;
- ресурси: разумевање и употреба свих врста персоналних вештина (управљање, техничке, организационе и друштвене вештине);

- психолошка компетентност: могућност рада са групама у и ван организације, мотивисање и подстицање рада, одржавање личног морала у захтевним и стресним ситуацијама и суочавање са озбиљним проблемима;
- организациона компетентност: дефинисање и планирање стратегије рада и доприноса појединаца и њихово уклапање у организационе циљеве;
- иновативна компетентност: могућност креативног размишљања, дефинисање нових приступа решавањима проблема и разматрање проблема са различитих аспеката;
- етичка компетентност: разумевање и жеља за комуницирањем, постојање личног моралног интегритета и поштовање етичких вредности у оним аспектима система или пројекта у којима је то неопходно.

Ради постизања циљева и компетентности, веома важан аспект су комуникација, координација, колаборација, размена знања и ефикасно коришћење повратних информација из свих процеса у систему. Као развојна стратегија, на основу (*Mumford 2000; Beer 1989; Janaćković, 2013c*), предлаже се следеће:

- идентификовање основних, рутинских задатака који се обављају;
- идентификовање потенцијалних проблема који се могу јавити приликом извршавања задатака;
- идентификовање критичних фактора успеха, који представљају индикаторе успешности и аспекте проблема на које се треба обратити посебна пажња;
- интеграција система и идентификовање кључних параметара квалитета интеграције;
- разумевање природе информација које је неопходно сакупити и проследити;
- разумевање и анализирање процеса комуникације, координације и колаборације;
- креирање метода евалуације (оцењивања, бенчмаркинга), континуалног праћења и мерења, које може бити водила у процесу постизања циљева;
- константно надгледање успешности испуњавања стратегије и анализа добијених резултата.

Друштвено-технички приступ заснива се на разматрању целокупности задатка или процеса, како би се испунила дефинисана стратегија. Проблеми се идентификују у више нивоа, анализирају, управља њима и разматра утицај на друге процесе, као и

једних група запослених на друге у мултидисциплинарним тимовима за решавање сложених проблема у систему. При томе су анализа и управљање ризицима корисни алати у оцењивању утицаја могућих проблема у току развоја, имплементације и коришћења система, јер обезбеђују евалуацију негативних последица које се не могу избећи, омогућавајући и брз одговор на непредвиђене околности.

Checkland је разматрао могућност примене системског приступа, веома успешног у техничким наукама, приликом разматрања сложених организационих процеса. Једноставна примена није могућа, али комбинација системског приступа и колаборације омогућава развој системске методологије на основу које се управља различитим ситуацијама. Комбинација „хардверског“ начина размишљања, у коме се идентификују системи који се могу пројектовати, и „софтверског“ начина размишљања у коме се разматрају процеси и утицаји у сложеним системима, представља савремени концепт описивања и разматрања комплексних система.

## **2.2. СИСТЕМСКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Системско инжењерство обухвата активности специфицирања, дизајнирања, имплементирања, валидације, испоруке и одржавања система као целине. То подразумева хардвер, софтвер, радне процесе и активности, интеракцију са корисницима, али и сервисе које пружа систем, ограничења под којима систем мора да буде креиран и да функционише, као и утицај окружења.

### **2.2.1. Појам и карактеристике системског инжењерства**

Постоје различите дефиниције системског инжењерства, зависно од области примене у којој је дефинисано, па је системско инжењерство (*Sommerville, 2001; Wasson, 2006*):

- Моделовање, у коме је описан сваки елемент система и критеријум за разматрање његових карактеристика, и оптимизација, у којој се променљивим елементима додељују вредности које омогућавају најбоље карактеристике система;
- Пројектовање, моделовање и анализа технолошких система, софтвера и хардвера, материје и енергије за потребе производње, комуникације, здравствене заштите, снабдевања сировинама и енергијом;
- Интелектуална, академска и професионална дисциплина примарно заинтересована за унапређење процеса решавања и доношења одлука у оквиру

широког спектра комплексних друштвено-техничких система, у јавном и у приватном сектору;

- Скуп процеса и методологија моделовања, анализе и дизајнирања технолошких, друштвених и хибридних система, који функционишу безбедно, ефикасно и економично;
- Научна дисциплина која је посвећена анализи, моделирању, симулацији, синтези и оптимизацији комплексних друштвено-техничких система.

Реализација системског инжењерства остварује се мултидисциплинарном применом аналитичких, математичких и научних принципа при формулисању, селекцији и развијању решења које има прихватљив ризик, задовољава оперативне потребе корисника, и своди на најмању меру трошкове развоја и животног циклуса, док истовремено балансира интересе интересних група (*Wasson, 2006*).

Циљ системског инжењерства је да путем интердисциплинарног процеса задовољи потребе корисника и заинтересованих страна на квалитетан и поуздан начин, са прихватљивом ценом и на основу правила током животног циклуса система.

### **2.2.2. Системски инжењерски процес**

Системски инжењерски процес представља низ итеративних и интерактивних фаза (заокружених активности) које одговарају појединим фазама у развоју система: концептуализација система; пројектовање система; развој подсистема; интеграција система; имплементација система; еволуција система; престанак даље примене система.

Концептуализација представља фазу формирања модела система. Она се реализује применом системске анализе. Системска анализа је општа методологија истраживања система чији је циљ да дефинише проблеме у систему и утврди алтернативне начине њиховог решавања. Ова методологија доводи до рационалног системског поступка постављања питања и давања одговора у вези са циљем система, ограничењима, расположивим ресурсима, функционалним интеракцијама и интеракцијама система и окружења. Истовремено, она указује на информације и податке које треба прикупити, обрадити и употребити ради упознавања карактеристика система или побољшања његовог функционисања. Најзад, она упућује на методе оцењивања и верификације изабраних решења или донетих одлука (*Савић, Станковић, 2012*). Основне фазе у системској анализи приказане су у табели 2.1.

Табела 2.1. Основне фазе системске анализе

Фазе системске анализе	Опис
Формулисање проблема истраживања	Започиње идентификовањем и разумевањем домена проблема и предмета истраживања, као и циља који треба да се оствари. Идентификовање проблема је основа за идентификовање и формулисање структуре проблема истраживања. Уколико се на основу прикупљених информација, проблем јасно формулише, ради се о структурираном проблему. Неодређена формулација циљева система указује на неструктурирани проблем.
Утврђивање циљева истраживања	Независно од типа проблема, истраживање треба да дефинише услове и начине примене система којима се остварују циљеви функционисања. Дакле, циљеви истраживања су у тесној вези са циљевима истраживаног система. Решавање неструктурираних проблема укључује извесну неодређеност у модел. Комплексни системи имају сложене циљеве, те је неопходно утврдити хијерархију циљева. Због тога се ниједан циљ посматран сам за себе не може потпуно и правилно схватити без разумевања хијерархије циљева којој припада.
Утврђивање ограничења и избор критеријума	Циљеви истраживања подлежу различитим ограничењима која су последица ограничености ресурса (материјалних, економских, енергетских, информационих, временских). Сами циљеви истраживања се представљају помоћу критеријума. По својој природи критеријуми могу бити квантитативни и квалитативни. Избор критеријума и одређивање њихових вредности зависи од циља истраживања и ограничења. Критеријуми омогућавају упоређивање алтернатива за остваривање циљева и избор најбоље или скупа оптималних алтернатива.
Дефинисање системског модела	На основу дефинисаних функционалних и нефункционалних захтева, избора аспеката и системских својстава, обавља се декомпозиција проблема, идентификују подсистеми и елементи, везе између појединих делова система и карактеристичне интеракције. Резултат је модел система, који омогућава експериментисање.
Оцењивање модела	Последња фаза системске анализе, у којој се врши испитивање системског модела. Интегрални део итеративног процеса развоја модела су и процеси верификације и валидације. Верификација је процес усклађивања рачунарске симулације са специфицираним моделом одређеног степена тачности. Валидација је процес потврђивања прихватљиве тачности модела у опсегу релевантних услова примене. Процеси верификације и валидације треба да буду документовани и у сваком тренутку поновљиви.

Дефинисање захтева представља фазу системске анализе којом се идентификују захтеви целокупног система. То подразумева и контакт са крајњим корисницима система. Захтеви се обично деле у три групе (*Sommerville, 2001*):

- апстрактни функционални захтеви – основне функције које треба да понуди систем, односно подсистеми;
- својства система – нефункционална својства система, као што су поузданост, расположивост, ниво заштите и слично;
- недозвољене карактеристике система – она својства која систем не сме да има, као што је, на пример, приказивање оператору велике количине информација, које не може да обради и иницира одговарајуће акције.

Системско пројектовање подразумева конкретизацију модела система тако да се тачно идентификују подсистеми и компоненте; алоцирају захтеви; специфицирају функционалности; дефинишу интерфејси. Процес је двосмеран, а постоје повратне информације које се користе у различитим фазама.

Развој подсистема подразумева примену системског инжењерског процеса на појединачне делове система, односно подсистеме. Они могу бити већ претходно готови, или се развијати од почетка, уз иницирање посебног процеса развоја. Различити подсистеми се развојају паралелно, како би се уштедело на времену и ефикасно користили расположиви ресурси. Проблеми на границама подсистема изискују промене захтева у току развој подсистема. Промене у току развоја система, након дефинисања захтева, обично су веома скупе. Велика цена захтева компромис, а то је обично праћено променом иницијалних захтева.

Након развоја подсистема и појединачних компоненти, веома значајан корак је интеграција независно развијених подсистема, односно креирање јединствене целине. Интеграција се може урадити одједном, када се групишу сви подсистеми, или, из менаџерских и техничких разлога, корак по корак, уз стално модификовање и прилагођавање. Инкрементални развој се примењује из следећих разлога:

- мала је вероватноћа да се сви подсистеми развију истовремено;
- смањују се трошкови лоцирања грешака у новонасталном систему након интеграције делова.

Имплементирање система је ситуација у којој се систем поставља у окружење у коме је предвиђен да функционише. Проблеми се односе на променљиво окружење, одбојност корисника система, проблеме са функционисањем у спреси са постојећим системима, односно физичким ограничењима при имплементирању система.

Након имплементирања, систем функционише. Прати се функционисање система, организују одређене обуке, оцењују перформансе, односно исправљају неправилности

идентификоване у раду система. Највећи проблеми се јављају приликом функциосања новог система у коегзистенцији са постојећим системима. Сложени системи имају дуг животни век, па је неопходна њихова еволуција, услед промена окружења у коме функционишу, али и промена захтева самих корисника система.

По окончању рада система, неопходно је његово уклањање. То је ретко када једноставан процес, услед неопходности да се трајно сачувају одређени подаци о функционисању система или уклоне делови система који потенцијално могу бити опасност за радну и животну средину.

### **2.3. ЗАШТИТА КАО КОМПЛЕКСАН СИСТЕМ**

Систем заштите представља сложену комбинацију ресурса - људи, материјала, опреме, хардверских и софтверских компоненти, података, информација, знања, сервиса и осталог, интегрисаних са циљем да се реализују одређене потребе које се односе на заштиту људи, материјалних и нематеријалних добара.

Систем заштите је људски креиран систем, физички према облику егзистенције, динамички према функционисању и отворени систем према односу са окружењем. Његов основни задатак је постизање оптималних услова у радном и животном окружењу, што доводи до: ефикасног извршавања радних задатака у прикладном радном окружењу, у коме су запослени заштићени од штетних утицаја који могу довести до повреда, професионалних обољења или смртних исхода; минималног утицаја радних процеса на животну средину са становишта емитовања загађујућих материја, генерисања отпада и употребе необновљивих ресурса; узимања у обзир потенцијалних опасности од природних непогода и катастрофа.

Систем заштите може се разматрати као комплексни систем, сложени друштвено-технички феномен, који се заснива на два основна принципа (*Walker et al., 2008*):

- однос друштвеног и техничког подсистема представља предуслов за успешно функционисање система заштите, односно одговарајуће перформансе система; само део интеракција могуће је дефинисати једноставним везама, као што су узрочно-последичне релације; интеракције су сложене, нелинеарне, непредвидиве, или је скуп информација за њихово описивање непотпун; друштвени подсистем је много динамичнији и подложнији брзим променама, док је технички подсистем временски стабилнији; постоји разлика између људи, њиховог понашања и деловања, и машина и уређаја;



- неопходна је истовремена оптимизација оба подсистема како би систем функционисао на унапред дефинисан и предвидив начин, што је неопходно да би се систем заштите сматрао ефективним и ефикасним.

### 2.3.1. Системски приступ заштити

Све већа сложеност система заштите условила је примену теорије система и системског приступа у његовом истраживању. Jens Rasmussen је један од следбеника идеје примене системског приступа у заштити и разматрања људског фактора у Европи. Системски приступ није радо био прихваћен код научника, јер се наука развија разматрањем различитих аспеката окружења у различитим дисциплинама, али независно од тога окружење постоји у јединственој и глобалној форми, а процес истраживања у ограниченом домену се тешко прилагођава интердисциплинарном окружењу (*Llory, 1999*).

Nancy Leveson је описала нов приступ заштити заснован на системском приступу, сматрајући га ефикаснијим и кориснијим у односу на тренутно постојеће приступе, који се не могу ефикасно примењивати на сасвим другачије системе у односу на оне за које су ти методи креирани (*Leveson, 2011*). Она истиче да су промене неопходне због:

- брзих технолошких промена, где више не постоје индустријске револуције, већ су периоди промене технологија толико скраћени, да у неким областима трају 18 месеци (софтвер) до 3 године (рачунарске системи и системи надгледања);
- смањења могућности учења на основу претходног искуства, јер кратак период примене одређених технологија или метода не дозвољава прикупљање довољно информација;
- промене природе и карактера акцидената који, због развоја опасних технологија, могу угрозити не само запослене, већ и значајно нарушити стање у животној средини и ући у одговарајуће ланце исхране (на пример, радиоактивни отпад, електромагнетно зрачење, емитовање загађујућих материја у воду и ваздух);
- нових типова опасности;
- повећане сложености и нових начина повезивања појединачних елемената у системима;

- смањења толеранције на појединачне акциденте, због велике потенцијалне опасности и штетних последица (такозвани принцип „нулте толеранције“ на акциденте);
- тешкоћа у избору приоритета и прављења компромиса код одлучивања;
- сложених веза и интеракција између човека и машина, где се користе разна чула истовремено (на пример, екрани осетљиви на додир, односно приказ ситуације на минијатурним екранима које запослени стално носе);
- потпуно измењеног правног тумачења заштите и гледања јавности на заштиту.

Индустријски развој је захтевао промене начина приступа заштити, а то је узроковано наглим повећањем ризика и броја акцидената, све до тренутка док приступ заштити није промењен у складу са извршеним технолошким променама, а то пратило нове приступе и методе управљања ризиком. Инкрементални развој заштите све мање даје резултате, зато што је неопходно да се одређени проблеми реше одмах, независно од недостатка претходног искуства о њима, уз широко разумевање потенцијалних узрока и метода спречавања појаве нежељених догађаја.

Суштина успешног система заштите је фокусирање на узроке настанка нежељених догађаја. Да би се постигли жељени циљеви, неопходно је да се:

- прошири модел анализе ризичних догађаја, тако да се поред отказа компоненти система и људских грешака укључе и други фактори, пре свега организациони фактори и утицај окружења (*Leveson, 2011*);
- обезбеде специфичнији модели акцидената, који формирају објективнију слику о узроцима акцидената и начину њиховог спречавања;
- анализирају грешке у току пројектовања система и проблеми у интеракцији;
- омогући развој нових метода анализе опасности и процене ризика, које первазилазе разматрање отказа компоненти система и могу да разматрају сложене улоге софтвера и људи у савременим високотехнолошким системима;
- помери фокус са људских грешака и утицаја људи (оператора) у акцидентима (одступање од нормативног понашања) ка механизмима и факторима који утичу на људско понашање (механизми који утичу на перформансе и контекст обављања акција и одлучивања, односно узроке или услове који доводе до таквог понашања) (*Leveson, 2011*);

- пређе са одређивања кривца или узрока, ка идентификовању поступака који ће довести до тога да систем буде безбеднији (*Taylor, 1987*);
- разматрају процеси који су повезани са удесним догађајима, а не само догађаји и услови који су потенцијални непосредни узроци или изазивачи;
- омогуће различити погледи и интерпретације (оператора, органа управљања и надзорних органа);
- дефинишу различите метрике и анализирање података о перформансама система који се посматра, као и самог система заштите.

Разлике између традиционалног и савременог приступа заштити приказане су у Табели 2.2.

Примена системског приступа подразумева да се удесни догађаји јављају приликом интеракције компоненти система, обично без навођења једног узрока или фактора (*Leplat, 1987*). Модели заштите који се примењују у индустрији и модели ланца узрочно-последичних догађаја обично су усмерени на небезбедне активности или услове. Системски приступ заштити подразумева идентификовање операција у систему које могу довести до појаве акцидента, третирајући заштиту као инхерентно својство које проистиче из интеракције компоненти система са окружењем. Инхерентно својство дефинисано је скупом ограничења, која се односе на понашање или функционисање компоненти система. Акциденти се јављају онда када се у интеракцији између компоненти прекораче или игноришу дефинисана ограничења. Тако се заштита може третирати као проблем управљања. Акциденти настају приликом отказа појединачних компоненти, унутрашњих неправилности или недозвољених интеракција између компоненти система или неадекватног управљања системом. Они се могу јављати услед неадекватне контроле, грешака приликом пројектовања, погрешног управљања у процесу развоја или тестирања, и слично. Зато је неопходно анализирати и управљачке структуре, како би се утврдио разлог због кога нису остварена ограничења која се односе на безбедно функционисање, односно због чега су се јавили нежељени догађаји.

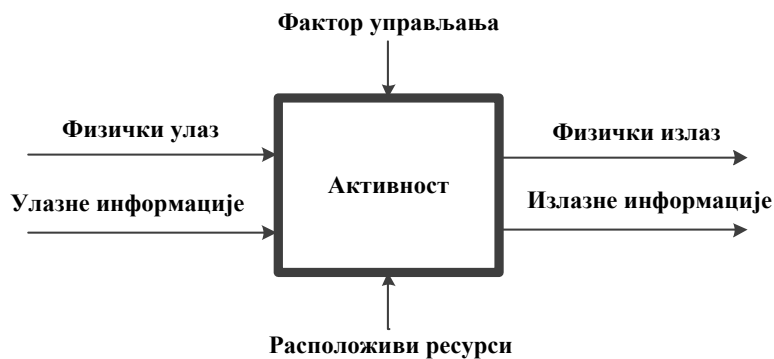
Теорија система обезбеђује много бољу основу за разматрање проблема заштите у односу на класични аналитички приступ којим се дефинишу модели акцидента засновани на догађајима, односно бољу анализу заштите и ризика, као и управљање нежељеним догађајима. Примена системског приступа у области заштите омогућава разматрање заштите у оквиру штићеног система, а не независно од њега.

Табела 2.2. Традиционалан и савремени приступ заштити (Leveson, 2011)

Традиционалне претпоставке у анализи	Савремене претпоставке у анализи
<p>Заштита је боља уколико се повећа поузданост система или одређене компоненте. Отказ компоненте доводи до акцидента. Удесни догађаји су узроковани ланцима непосредно повезаних догађаја. Удесни догађаји и ризици се могу анализирати праћењем редоследа догађаја у узрочно-последичном ланцу.</p> <p>Анализа вероватноће ризика, заснована на ланцу догађаја је најбољи начин за оцењивање и повезивање заштите и ризика.</p> <p>Грешке оператора су најчешћи узроци акцидента. Награђивање безбедног рада и кажњавање небезбедног понашања елиминише или значајно редукује акциденте. Висока поузданост софтвера значи да је он безбедан.</p> <p>Велики акциденти се јављају због истовремене појаве случајних догађаја.</p> <p>Проналажење и кажњавање кривца је неопходно да би се спречили нови акциденти или инциденти.</p>	<p>Висока поузданост није потребан, нити довољан услов за адекватну заштиту.</p> <p>Удесни догађаји су сложени процеси који настају у друштвено-техничком окружењу, које се не може описати једноставним узрочно-последичним ланцем догађаја.</p> <p>Ризик и заштита се могу разумети и повезивати на разне начине.</p> <p>Грешке оператора су најчешће последица утицаја окружења. Редуковање грешака оператора подразумева утицај на окружење у коме оператор ради.</p> <p>Висока поузданост софтвера није у потпуности повезана са безбедношћу. Повећање поузданости софтвера има минималан утицај на заштиту.</p> <p>Системи природно прелазе у стања повећаног ризика, што се може предвидети и спречити адекватним пројектовањем или праћењем индикатора активности које доводе до повећања ризика.</p> <p>Кажњавање је највећи „противник“ заштите. Треба да се разматра функционисање и организација система као целине, како би се спречили губици, а не проналажење кривца.</p>

Приликом разматрања система заштите неопходно је идентификовање одговарајућих улазних и излазних токова појединачних организационих процеса или активности (токова информација, материјалних токова, енергетских токова).

Постоје два основна типа токова као делова организационих процеса (Molenaar et. al., 2001): физички токови, у оквиру којих се врши трансформација идеја и материјала у радни производ; и информациони токови, који носе информације о производима, везане за функцију, трошкове и квалитет. Активности се карактеришу управљачким (контролним) дејством (фактором) и условима (слика 2.2).

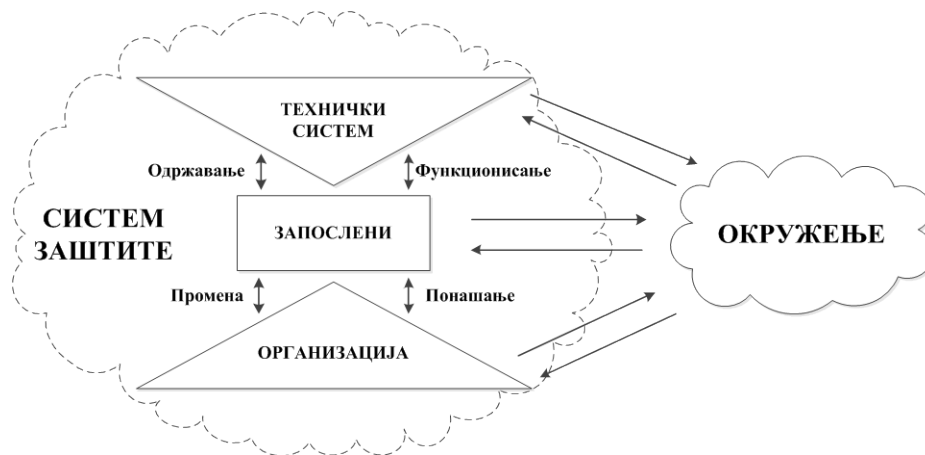


Слика 2.2. Модел активности са неопходним улазима и излазима (Molenaar et. al. 2001)

Посебно су важни информациони токови, у циљу управљања перформансама активности. Управљање и контрола квалитета информационих токова се сматра примарним циљем и предусловом за управљање организационим активностима које се односе на заштиту. Уколико квалитет физичког улаза одступа од жељеног, ово знање треба да буде део улазног информационог тока.

### 2.3.2. Елементи и процеси у систему заштите

Систем заштите је отворени систем. Елементе заштите карактерише интеракција са окружењем. Многи економски и друштвени фактори могу да утичу на одлуке о заштити, као што је одржавање расположивих уређаја и опреме, односно примена одређених мера заштите. Стога се као основни елементи система заштите идентификују: техничко-технолошки систем, људи (запослени и послодавци), организација и окружење са којим систем интерагује (Слика 2.3). Техничко-технолошки систем захтева приликом функционисања одговарајуће одржавање, а организационе промене и култура утичу на понашање запослених. Окружење утиче на систем заштите тако што се одређене норме и стандарди понашања морају примењивати у овом систему.



Слика 2.3. Систем заштите као отворени систем

OSHA (Occupational Safety and Health Administration) са становишта управљања заштитом дефинише 14 посебних елемената система заштите (*OSHA, 2000*), а SAIC (Science Applications International Corporation) приступ управљању процесима заштите третира ове елементе као део холистичког континуума (*SAIC, 2010*).

Идентификовани елементи су: (1) Активно учешће запослених; (2) Информације о процесној заштити; (3) Анализа опасности процеса; (4) Радне процедуре; (5) Обука; (6) Извођачи радова (контрактори); (7) Преглед стања заштите пре започињања послова; (8) Механички интегритет; (9) Специјалне дозволе за рад; (10) Управљање променама; (11) Техничка експертиза; (12) Планирање нежељених догађаја и одговора; (13) Праћење усклађености; (14) Доступност информација (пословне тајне).

**Активно учешће запослених** је веома значајан аспект. Запослени морају да имају писани план који дефинише њихове радне обавезе. Учесће запослених почиње од иницирања имплементирања система заштите. Таква партиципација не само да омогућава да запослени буду привржени процесу управљања заштитом, већ омогућава много бољу имплементацију. Учесће запослених је неопходно на свим нивоима организације, од учешћа радника на терену, до супервизора и органа управљања. Партиципација је саставни део сваког елемента управљања процесом заштите. Запослени који су задужени за заштиту треба да буду ресурс у процесу управљања заштитом, а не они који одлучују о самом програму.

**Информације о процесној заштити** подразумевају постојање прецизно писаних докумената који садрже све опасности које се јављају у процесу, примењену технологију и процесну опрему. То су информације о свим супстанцама укљученим у процес, укључујући међупроизоде. Процесна технологија се не описује само

коришћењем дијаграма токова процеса и дијаграма повезивања, већ и оперативним и складишним условима, као и оперативним процедурама и историјом рада (за постојеће процесе). Информације које се односе на процесе укључују кодове и стандарде неопходне за информисање о специфичној опреми која се користи у процесу. Поред основних информација о специфичној опреми која се примењује у процесу, неопходно је навести подржане стандарде.

**Анализа опасности процеса** је систематска евалуација опасности које се јављају у одређеним процесима. Ова анализа је неопходна приликом иницирања процеса и обавља се након тога периодично, бар једном у пет година. Тим који обавља ову анализу је мултидисциплинаран, јер је обухваћено одржавање, извршавање операција и инжењерске активности. Постоји више метода за извршавање ове анализе. Метод који се бира зависи од „зрелости“ процеса и оперативног искуства, као и од величине и сложености процеса. Особље мора да буде обучено за методологију која се примењује. Да би се исправно примењивала анализа опасности процеса, неопходно је да буду на располагању све информације о заштити.

**Радне процедуре** не представљају само кораке приликом нормалног извршавања операција, већ и приликом појаве непредвиђених ситуација, нестандартних операција, стартовања и заустављања система, односно започињања и прекидања радних активности. Веома значајно је повезивање свих информација које се односе на заштиту са радним процедурама. Такве информације подразумевају опис основних опасности услед прекорачења оперативних ограничења, одговарајуће понашање приликом појаве непредвиђених околности, информације о здрављу и безбедности на раду, односно понашању у хитним ситуацијама. Процедуре морају бити ажурне и поуздане, и представљају критични елемент у обуци запослених.

**Обука** је неопходна за све запослене који су нови у процесу, пре него што приступе радним активностима. Захтеви се односе не само на оперативце, већ и на све оне који су повезани са одговарајућим процесом. То обично укључује особље задужено за одржавање и извођаче радова. Обука мора да укључује потенцијалне опасности за запослене и њихове колеге, односно опасности у њиховом радном окружењу. Обука треба да буде теоријског и практичног облика. Запослени треба да имају могућност оцењивања обуке и да утичу на измену садржаја и учестаност обуке на основу тих запажања.

**Извођачи радова** извршавају послове тако да не угрожавају безбедност целокупног система и заштиту запослених. То се обавља селектовањем процеса, у коме запослени мора да процени перформансе заштите и могућности потенцијалних извођача. Приликом селектовања извођача, неопходно је да постоји потврда да запослени извођача имају одговарајуће вештине и да су прошли обуку која омогућава безбедно извршавање посла. Неопходно је праћење повреда и болести запослених код извођача, поред сопствених запослених, односно периодично процењивање перформанси заштите код извођача радова. И сами извођачи треба да имају одговарајуће захтеве, укључујући обезбеђивање да сви запослени буду на одговарајући начин обучени и информисани тако да извршавају све своје обавезе на прави начин.

Пре започињања радних активности или пре измена у радном процесу неопходно је утврдити **стање заштите**. То обезбеђује да су примењене све препоруке и акције, на основу анализе опасности процеса, пре започињања операција. То је ситуација у којој се проверавају пројектни параметри и стандарди који су примењени у развоју. Уколико су неопходне додатне обуке или модификације докумената са информацијама о процесу заштите, то се посебно проверава у току прегледа стања заштите пре започињања послова. Посао не треба да се започиње све док се не изврше све провере које се односе на ниво заштите у систему.

Запослени морају да имају писани програм да би се обезбедио интегритет процеса и опреме. Аспекти **механичког интегритета** подразумевају листе примењене опреме, обуку особља задуженог за одржавање, инспекције и тестирање, односно одржавање таквог система. Развој и модификовање програма механичког интегритета треба да се обављају на основу радног искуства, релевантних правила и дефинисаних индустријских стандарда.

**Специјалне дозволе за рад** морају да буду издате или примењене на сваки посао који се обавља на или у непосредној близини процеса који је обухваћен системом заштите. Док OSHA стандард конкретно наводи листе специјалних дозвола, препоручује се постојање таквих дозвола за све послове који нису рутински. Поред тих послова, неопходно је узети у разматрање и удесне догађаје, блокирање и рестартовање машина при појави нежељених ситуација, уласке у заштићене области, и слично. Иако се ради о “дозволи”, то је заправо целокупна процедура која обухвата све опасности које се односе на посао који се обавља.



Неопходно је разматрати и промене. Под “променом” се подразумева све оно што може да захтева промене информација о заштити. **Управљање променама** подразумева промене опреме и процеса. Адекватан систем за управљање променама подразумева да се све промене процењују пре имплементације. Ниво процене може да зависи од степена промене и од њеног значаја за безбедно извршавање операције. Поред евалуације и потврде неопходне промене, систем за управљање променама захтева да се изврше адекватне обуке и да информације о процесу заштите буду ажуриране.

**Техничка експертиза** је неопходна за сваки удесни догађај који се догодио или је избегнут. Постоје веома специфични захтеви за временско извршавање испитивања, састав екипе која обавља испитивање, облик резултујућег извештаја, односно коришћење и објављивање добијених информација. Уколико се исправно обави истраживање, то је један од основних алата за учење на основу функционисања процеса. Исход треба да буде откривање узрока несреће, а не само проналажење криваца.

Запослени морају да развију и имплементирају план акција приликом појаве нежељених догађаја за целокупну организацију, а не само за процесе који су описани у управљању заштитом. **Планирање нежељених догађаја и одговора** подразумева дефинисање акција које се предузимају као одговор на појаву нежељеног догађаја. План мора да буде свеобухватан и да садржи поступке обавештавања одговорних особа, оперативне одговоре као што је искључивање система, односно превентивне мере за заштиту других запослених и људи у окружењу. Углавном су захтеви који се односе на одговор приликом појаве ванредних ситуација описани и у регулаторним стандардима.

**Праћење усклађености** мора да се обавља периодично на основу OSHA препоруке. Циљ праћења је утврђивање да ли су развијене процедуре и искуства из праксе усклађене са стандардима за управљање заштитом и да ли дају жељене резултате. На основу OSHA, избор одговарајућих аудитора је “критично за успешну заштиту”. Неопходно је креирање извештаја, а запослени морају да дају своја запажања о свему што је откривено. Након уклањања недостатака, и саме корективне акције морају да буду документоване.

Одговарајућа **доступност информација** је такође неопходна, како би послодавац проследио запосленима све неопходне информације. То не искључује могућност

заштите интегритета информација, али спречава да послодавац онемогући приступ информацијама запосленима или извођачима користећи се изговором да се ради о пословној тајни.

Основни систем заштите према (SAIC, 2010) подразумева следеће елементе:

- Вођење и надгледање програма безбедности и здравља на раду, заштите од пожара, управљање техничким системима заштите, управљање отпадом и загађењем животне средине, као и управљање ванредним ситуацијама;
- Промовисање безбедног понашања запослених;
- Партиципацију запослених и акционе тимове који су задужени за заштиту;
- Програм процене ризика, уз идентификовање свих опасности и штетности на радном месту и у радној средини;
- Техничку експертизу акцидената и идентификовање што већег броја инцидената;
- Инспекције, редовно и ванредно одржавање опреме;
- Компетенције и обуку запослених у области заштите;
- Заштиту извођача (извршилаца) и додатно ангажованих запослених;
- Добијање одговарајућих сертификата и дозвола за рад;
- Управљање личним заштитним средствима и опремом;
- Припремљеност за ванредне ситуације мањег и већег обима;
- Управљање променама и трошковима у систему;
- Периодичне прегледе и надгледање опреме;
- Управљање документима који се односе на заштиту, стање опреме и средстава;
- Промовисање безбедне радне праксе и редовно контролисање запослених.

Према OSHA и SAIC систем заштите укључује, практично, исте елементе, с тим што SAIC посебно наглашава значај промовисања безбедног понашања запослених и безбедне радне праксе.

### **2.3.3 Квалитет и заштита**

Квалитет је интеграциони концепт, док је заштита један атрибут квалитета система. Она је и један од циљева квалитета. Заштита треба да буде интегрисана у управљање процесима квалитета. Због тога, када се помиње концепт квалитета, заштита се увек подразумева.

Продуктивност, квалитет, поузданост и заштита (P Q R S - Productivity, Quality, Reliability and Safety) су четири темеља било ког професионалног сервиса или производне активности (*Ludwig et al., 2011*). Квалитет је основни атрибут који обухвата остала три атрибута – продуктивност, поузданост и заштиту. Купац или корисник има очекивања о производу или услузи која се описују квалитетом. Управљање очекивањима купаца путем квалитета успоставља релацију између квалитета и заштите.

Narayan разматра везу између заштите, квалитета, поузданости, продуктивности и одржавања, истичући различите дефиниције и перцепције у значењу ових појмова (*Narayan, 2012*). Квалитетан производ, информација или услуга задовољава и успуњава исказане захтеве или очекивања, односно унапред дефинисане стандарде перформанси у дужем периоду, има одређену вредност која оправдава цену, антиципира стално променљива очекивања, функционише на предвидив начин и стално привлачи кориснике. Све ове димензије квалитета могу се поделити на субјективне и објективне, а поред тога што су многе карактеристике квалитативне и зависе од перцепције појединаца, квалитет се може “мерити”.

Roland и Moriarty двојачко разматрају систем са становишта заштите (*Roland & Moriarty, 1990*). То је група интерагујућих, међусобно повезаних или међусобно зависних елемената који формирају или се третирају као јединствена целина. Много конкретнија дефиниција система односи се на скуп људи, процедура и опреме који су интегрисани у циљу извршавања специфичног оперативног задатка или функције у специфичном окружењу. Заштита описује стање у коме постоји прихватљива опасност од повреда или губитака.

У здравству, заштита има посебно значење у Donabedian-овом моделу квалитета, у коме структура, процеси и исходи формирају троделни радни оквир за дефинисање квалитета заштите (*Donabedian, 2005*). У дефинисаној структури, безбедно радно окружење је значајно, јер обезбеђује контекст за безбедне процесе и боље ефекте.

Заштита у систему може се дефинисати као квалитет система који омогућава да систем функционише у оквирима унапред дефинисаних услова, са прихватљивим, минималним губицима услед појаве нежељених догађаја (*Roland & Moriarty, 1990*). Тиме се задовољава и узима у разматрање ефикасност система заштите са становишта цене, која се сматра ограничавајућим фактором и разлогом непримењивања одређених превентивних или корективних мера.

За нежељене догађаје у систему везује се и термин „ризик“. Ризик се дефинише на више начина, а дефиниције, углавном, повезују ризик са губицима и недетерминисаношћу у систему у коме постоје најмање два могућа исхода, од којих најмање један није пожељан и неопходно га је избећи или смањити негативне последице његове појаве:

- сложена особина, којом се истовремено описује вероватноћа појаве нежељених догађаја и очекивана величина последице појаве тих догађаја у систему у току посматраног временског интервала или посматране акције (*Vukićević, Vidović, 1995*);
- мера вероватноће да ће штетне последице по живот, здравље, својину и окружење настати као резултат идентификоване опасности (*Sage, 1995*);
- могућност губитка или повреде, или излагање таквој могућности (*Vujošević, 1996*);
- стање у коме постоји могућност штетног одступања у односу на жељени исход (*Vauglan, 1997*);
- могућност да се потенцијална опасност оствари приликом и у условима коришћења и/или излагања и могући утицај штете (*Luković, 2001*);
- ефекат неизвесности на циљеве, при чему неизвесност подразумева недостатак информација, разумевања и знања у вези са догађајем, његовом последицом или вероватноћом (*ISO 31000, 2009*);

Организације различитих типова и величина суочавају се са унутрашњим и спољашњим факторима и утицајима који уводе неизвесност у начин и временски аспект постизања циљева. Самим тим, то се може третирати као ризик.

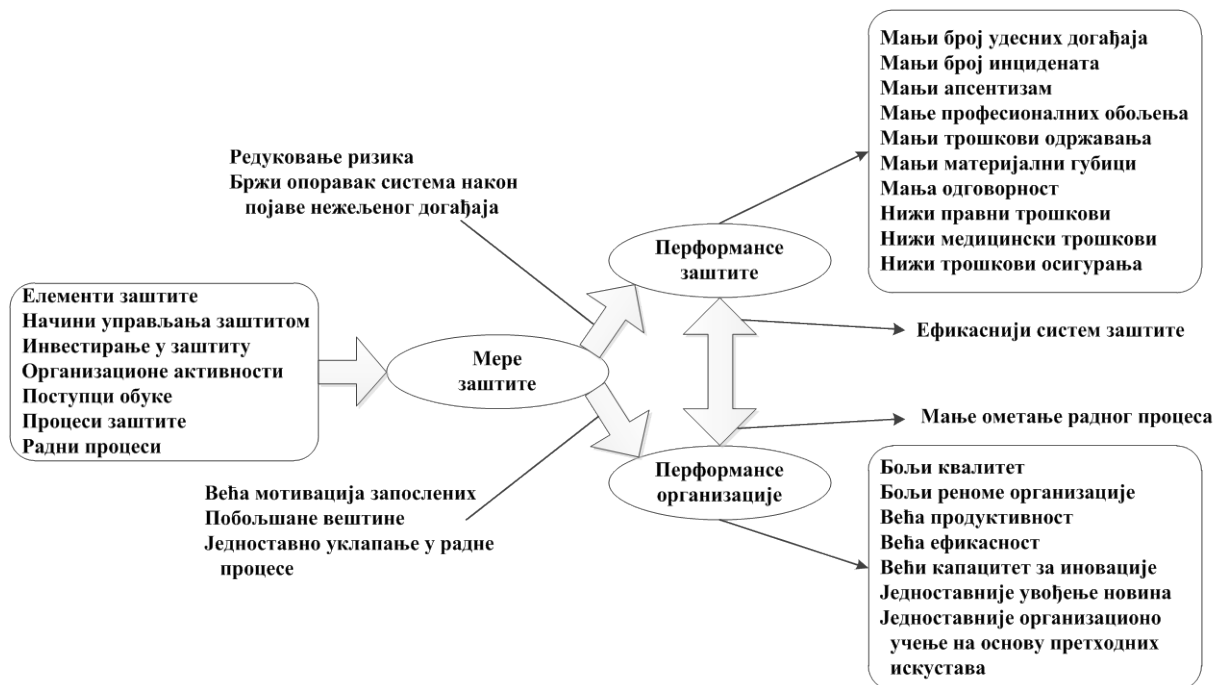
Ризик је повезан са вероватноћом појаве, интензитетом и трајањем нежељеног догађаја, који изазива одређени губитак, а описан је вероватноћом појаве и величином последица нежељеног догађаја.

Све активности у организацији укључују одређени ниво ризика. Да би се управљало ризиком, он треба да се идентификује, анализира, процени, а затим утиче на постојећи ниво ризика, како би се свео на прихватљиви ниво, сходно унапред усвојеним критеријумима. Неопходност сталног праћења стања радне и животне средине, комуникација свих заинтересованих страна у процесу, као и примена мера којима се модификује постојеће стање и смањује ризик захтева примену системског приступа, селектовање и стално праћење кључних индикатора перформанси система заштите.

Појам перформанси заштите обухвата скуп индикатора (показатеља) који квантитативно или квалитативно описују одређене учинке, доприносе, резултате који се остварују у систему заштите. Индикатори „мере“ промене нивоа заштите током времена, као резултат акција предузетих за смањење одговарајућих ризика.

Квалитет заштите процењује се на основу вредности перформанси заштите и перформанси организације, а „мери“ одговарајућим индикаторима.

Систем заштите ниског квалитета значајно утиче на квалитет људских ресурса у организацији, због повећања броја незгода и професионалних обољења, као и нарушавања социјалних односа и културе безбедности. То негативно утиче на продуктивност и конкурентност организације. Неквалитетна заштита је, делом, резултат широко распрострањеног уверења да је улагање у заштиту скупо. Међутим, примери добре праксе показују све позитивне ефекте инвестиција у заштиту. Квалитетан систем заштите има позитиван утицај на перформансе и конкурентност организације, што говори о компатибилности између заштите и конкурентске предности организације (*Fernandez-Muniz et al., 2009*). Ефекти заштите на нивоу организације илустровани су на слици 2.4.



Слика 2.4. Ефекти заштите на нивоу организације (адаптирано према Mossink, 2002)

Допринос квалитету система заштите даје и друштвено одговорно понашање организације. Друштвена одговорност је одговорност организације за утицаје одлука и активности на друштво, радну и животну средину, која се манифестује транспарантношћу и етичким понашањем у циљу омогућавања одрживог развоја, успостављања здравог и успешног друштва, испуњавања очекивања заинтересованих страна, поштовања свих правних норми и норми понашања, уз интегрисање одговорног понашања у све организационе процесе (*ISO26000, 2009*). Друштвена одговорност односи се на друштвену и еколошку димензију одрживог развоја, односно економске, еколошке и друштвене критеријуме. То је средство за омогућавање ефикасног и одрживог пословања, уз минималне негативне утицаје на окружење, а самим тим и на људе. При томе се као најзначајнији критеријуми разматрају начин рада, окружење, радна пракса, управљање организацијом, развој локалне заједнице и друштва у целини, права радника и потребе корисника услуга, односно купаца.

У складу са сазревањем свести о потреби континуираног побољшања квалитета живота, очувања здравља и безбедности у радној и животној средини, постоји обавеза организације да преузима одговорност и у овој области. Организације и запослени се обавезују да смањују ризике посла (незгоде и повреде на раду) и да реализују нове или побољшају постојеће програме за очување здравља, врше истраживања у области заштите на раду и очувања здравља запослених, утврђују посебна права и одговорности послодаваца и запослених ради остваривања бољих безбедносних и за здравље људи потребних услова за рад, развијају и одржавају системе за регистровање, праћење и извештавање о повредама на послу, реализују програме едукације и обуке запослених за стицање компетентности у области очувања здравља и заштите на раду, развијају стандарде здравствене безбедности и заштите на раду за сваки посао и ефективно их примењују у пракси, односно обезбеђују развијање, анализу, евалуацију и одобравање програма за очување здравља и заштите на раду.

Аспекти и неки индикатори друштвене одговорности организације са становишта заштите су (*Rainborn & Joyner, 2006*):

- Еколошки аспект – постојање политике одрживог развоја организације и планског развоја система заштите; разматрање притужби еколошког карактера; обим материјала који се може више пута користити или рециклирати; смањење утrophка и рационална потрошња енергије и материјала; праћење ефеката производње на стање и квалитет радне и животне средине.

- Друштвени аспект – постојање детаљне политике друштвене одговорности; прихватање разлика и спречавање дискриминације; сигурност посла; показатељи хуманог аспекта радног процеса; утицај на локалну заједницу.
- Аспект безбедности и здравља на раду – постојање политике очувања здравља запослених и њихове заштите; број надлежних организација и институција које су дале негативно мишљење о овим питањима током посматраног периода; годишњи просечан број сати обуке везане за заштиту на раду; број инцидената на раду и стопа повреда на раду и слично;
- Етички аспект - постојање корпоративног кодекса етичког понашања; прикази у медијима који се односе на етичко понашање предузећа и управљачких структура; број случајева непоштовања етичког кодекса предузећа управљачког и неуправљачког кадра и слично.

Друштвено одговорно пословање ставља акценат на неекономски аспект пословања. За менаџмент организације постаје јако битно праћење неекономских аспеката и активности организације које се рефлектују кроз перформансе друштвене одговорности. Ове перформансе обухватају: еколошке перформансе, перформансе социјалне одговорности, перформансе заштите на раду и етичке перформансе (Крстић, Секулић, 2007).

## 2.4. ИНТЕГРИСАНИ СИСТЕМ ЗАШТИТЕ

Главне баријере за постизање већег квалитета заштите и продуктивности су према (Department of Labour, 2009):

- Лидерство - стратегија заштите није на нивоу на коме би поспешила примену у секторима на које треба да утиче, и не дефинише одговарајуће правце и циљеве заштите, односно није усмерена на високо-ризичне секторе/активности; пажња није усмерена на посебне групе и појединце, и није посвећена посебна пажња здрављу на раду и психолошким ефектима; одељење задужено за заштиту треба да има водећу улогу у имплементирању стратегије; неприхватање иницијатива које се односе на политику заштите и њену имплементацију у пракси.
- Могућности - не постоје стандарди компетентности за консултанте и особље задужено за заштиту; особље задужено за заштиту није у стању да има активну улогу на радном месту; недостатак обуке за менаџере и супервизоре одговорне за заштиту; радна култура не омогућава побољшања везана за заштиту; мање

организације имају проблема приликом примене стеченог знања и смерница које се односе на заштиту; постоје ограничења у побољшању техничких могућности у оквиру организационих јединица.

- Знање – непотпуни или застарели стандарди и смернице; немогућност приступања подацима који се односе на узроке акцидента или решења проблема или опасности које се појављују; не постоје подаци за описивање и оцену сопствених перформанси заштите; недостатак надзора у вези са заштитом; недостатак информација и ресурса за интерно промовисање заштите.
- Инфраструктура - конфузија о улогама у заштити; непотпуно интегрисање свих релевантних елемената система заштите услед недостатка прикладне инфраструктуре за комуникацију и сарадњу; немогућност реализовања мрежа знања и заједница праксе услед неадекватности расположивих комуникационих и људских ресурса.
- Несинхронизација између различитих, најчешће потпуно независних, система управљања, који деле заједничке циљеве као што су ефикасно и безбедно радно и животно окружење, рационално коришћење људских и материјалних ресурса и ингорисање претходних искустава.

#### **2.4.1. Интеграција система управљања**

Интеграција система заштите је неопходна због ефикаснијег коришћења расположивих ресурса. Наговештај о значају интеграције система заштите је дат у бројним стандардима који описују и/или су повезани са управљањем заштитом. Између осталих, значајни стандарди описују управљање квалитетом, заштитом животне средине, безбедношћу и здрављем на раду, заштитом хране, безбедношћу информација и ризиком. Одређене идеје о интеграцији система заштите описане су у (*Labodova, 2004*) и (*Hamid et al., 2004*). Значај интеграције различитих система заштите (заштита од пожара, безбедност и здравље на раду, заштита животне средине, ванредне ситуације, заштита информација) је описана у (*Medgate, 2012*) и имплементирана у Medgate OHS софтверу.

Различити системи управљања у организацији, који се третирају као независне целине, могу да представљају препреку за успостављање ефикасног система заштите. Ти системи приказани су у табели 2.3.



Табела 2.3. Стандардизовани системи управљања

Назив система управљања	Међународна ознака	Ознака стандарда
Систем управљања квалитетом (Quality Management System)	QMS	ISO 9001:2008
Систем управљања животном средином (Environmental Management System)	EMS	ISO 14001:2004
Систем управљања здрављем и безбедношћу запослених (Occupational Health and Safety Management System)	OHSMS	OHSAS 18001:2008
Систем управљања корпоративном друштвеном одговорношћу (Social Responsibility Management System)	SRMS	ISO 26000:2010
Систем управљања ризиком (Risk Management )	RMS	ISO 31000:2009
Систем управљања енергијом (Energy Management System)	EMS	ISO 50001:2011
Систем за управљање континуитетом пословања (Business Continuity Management System)	BCMS	ISO 22301:2012
Систем управљања безбедношћу хране (Food Safety Management System)	FSMS	HACCP/ISO 22000:2005
Менаџмент систем безбедности (Security Management System)	SMS	ISO/PAS 28000:2007
Систем управљања безбедношћу информација (Information Security Management System)	ISMS	ISO/IEC 27001:2005
Компетентност испитних и метролошких лабораторија (Competence of the Testing and Calibration Laboratories)	CTCL	ISO/IEC 17025:2006
Менаџмент систем поузданости (Dependability Management System)	DMS	IEC 60300:2003

Потреба за интегрисањем издвојених система менаџмента, односно управљања, настала је због жеље за ефикаснијим управљањем, пошто се сличне активности обављају потпуно независно једне од других. Интегрисани систем менаџмента обједињује све важне компоненте у један систем ради оптимизације постизања циљева организације, задовољства корисника, испуњавања законских обавеза и обавеза преузетих прихватањем стандарда. Интеграција система менаџмента разматра се стратешки и тактички. Стратешки је неопходно донети одлуку о интеграцији, дефинисати суштину интеграције, поступак интеграције, циљеве и стратегије. Тактички аспекти односе се на израду планова и програма интеграције, праћења поступка интеграције, одлучивања у критичним и контролним тачкама развоја и извештавање.

Ради интеграције независних система управљања и потребе за ефикаснијим управљањем различитим организационим ризицима, PAS99 (*Publicly Available Specification*) спецификација дефинише заједничке захтеве система и представља основу за њихово обједињавање, почевши од заједничких захтева и спецификација на интегрисани начин (*BS PAS99, 2012*), са циљем примене у комбинацији са стандардима и спецификацијама независних система менаџмента, као што су ISO 9001, ISO 14001, ISO 20000 и OHSAS 18001, као и у свим врстама организација, независно од њихове величине и области деловања.

У складу са спецификацијом PAS 99, организација мора да извршава следеће активности (*PAS99, 2012*):

- Идентификује све процесе неопходне за имплементацију, примену и одржавање система менаџмента и њихову примену у свим сегментима организације;
- Дефинише редослед и међузависност појединачних процеса и могућност интеграције;
- Одреди индикаторе и методе за анализу ефикасности процеса и обезбеди ресурсе, средстава и информације за ефикасан систем заштите и управљања овим процесима;
- Континуално прати и анализира процесе, а затим спроводи опште или посебне мере у циљу постизања жељених исхода у системима заштите, како би то за последицу имало побољшање укупних перформанси организације као целине.

Савремени приступ интеграцији система заштите подразумева да се она не третира као независна целина, већ да буде инхерентно укључена у сваки организациони процес. Зато је интегрисани систем заштите значајан у организацијама, како би се ефикасно користили ресурси заштите. Посебно значајан аспект у процесу управљања интегрисаним системом заштите је тимски рад и колаборација (*Janačković et al., 2012a; Janačković, 2013d; Ulloa & Adams, 2004*). Модел управљања извештавањем и документацијом о процесима у интегрисаном систему заштите на нивоу организације истиче укључивање заштите у сваки корак животног циклуса организације. Независни системи за управљање подацима имају негативан утицај на функционисање организације. Интеграција система омогућава да извештавање о заштити постане „пословна интелигенција“ о заштити.

Резултати истраживања приказани у (*Bernardo et al., 2012*) показују тешкоће у интеграционим процесима који имају утицај на ниво интеграције. Као главне тешкоће

у процесима интеграције су идентификоване: недовољна хармонизација различитих стандарда, недостатак искуства и подршке експерата и сертификационих тела, различите перцепције у организацијама, недовољни или неадекватни ресурси и неодговарајућа организациона структура (недефинисана сва неопходна радна места и процеси; неодговарајућа организациона култура и организациона култура о заштити) који не подржавају имплементирање интегрисаних система заштите.

На основу свеобухватне анализе приступа интеграцији система менаџмента, сврхе и значаја интеграције система заштите, може се закључити следеће. Интегрисани систем заштите је јединствени систем који је у интеракцији или обухвата, делимично или потпуно, следеће системе и процесе: систем квалитета, техничке системе, технолошке процесе, процесе планирања, процене ризика, одржавања, праћења, провере и обуке, организационо учење, управљање променама, реаговање у ванредним ситуацијама, извештавање и документовање, као и процесе управљања ресурсима (људским, интелектуалним, материјалним и финансијским). Интегрисани систем заштите треба да интегрише техничке системе са људским ресурсима, и да омогући документовано управљање ризицима. У вези са тим, од суштинског значаја је дефинисање кључних перформанси, њихових граничних вредности и критеријума за интеграцију појединачних система заштите и процеса у сваку организациону активност, тако да се заштита не посматра као независна активност, већ као део сваке организационе активности или процеса.

#### **2.4.2. Функције и принципи за интеграцију система заштите**

Интегрисани систем заштите у (*DoE, 2008*) описан је помоћу седам принципа, четири додатна принципа која се односе на културу безбедности, као и пет основних функција. Основни принципи на којима се заснива интегрисани систем заштите су: линијско управљање одговорностима за заштиту, јасне улоге и одговорности, компетентност која одговара одговорностима, балансирање приоритета, идентификовање стандарда заштите и захтева, управљање опасностима према послу који се обавља и ауторизовање операција.

Додатни принципи који се односе на културу безбедности су појединачни ставови и одговорности за заштиту, оперативна извршеност, обезбеђивање перформанси и организационо учење у циљу побољшања перформанси.

Основне функције интегрисаног система заштите су дефинисање домета посла, анализирање опасности, развој и имплементирање механизма управљања опасностима, извршавање послова у предвиђеним границама и обезбеђивање повратних информација ради непрекидног побољшавања система.

Веза између циљева, основних функција и принципа и смерница интегрисаног система заштите приказана је на слици 2.5.



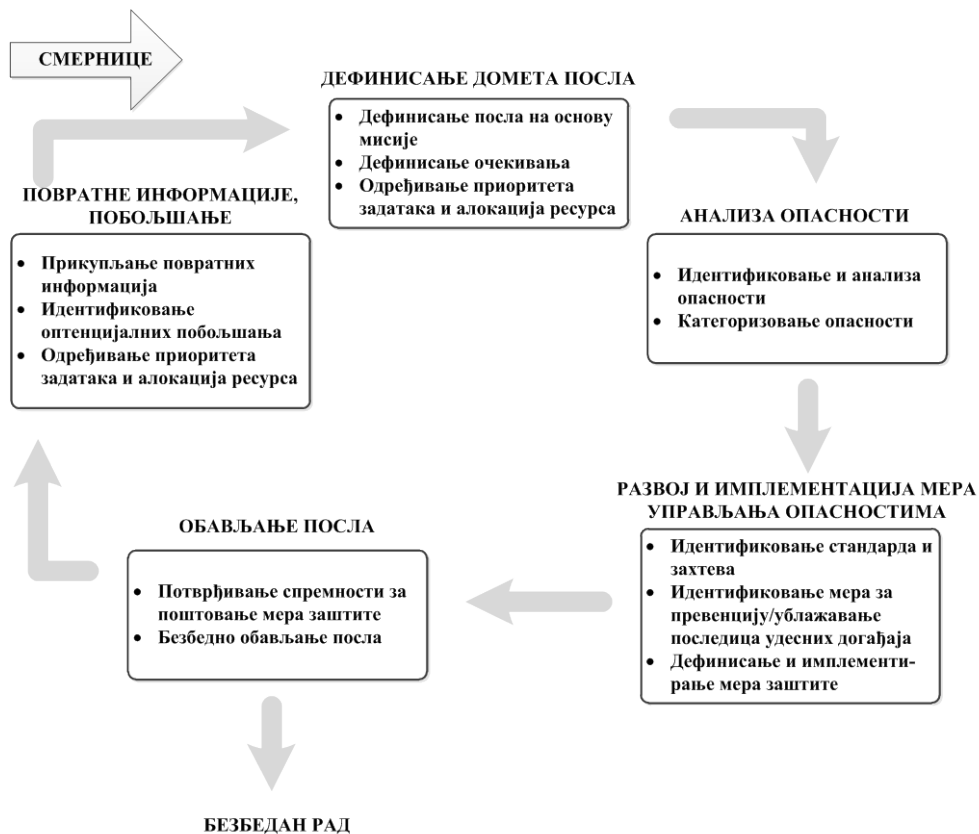
Слика 2.5. Веза између циљева, основних функција, принципа и смерница интегрисаног система заштите (Compton, 2007)

На слици 2.6 приказана је концептуална веза између основних функција у интегрисаном систему заштите (DoE, 2001). Веза између појединачних функција није линијска, односно оне нису међусобно потпуно независне, већ повезане, а често се обављају и истовремено. Резултат сваке функције има утицај на остале функције, односно систем у целини.

Прецизна дефиниција радних активности је критична за успешност система заштите, зато што се идентификују и анализирају опасности, описује посао који обавља запослени, дефинише ниво детаља, успостављају очекивања, одређује учешће запосленог у планирању посла, омогућава интеграција и успостављају приоритети.

Анализа опасности подразумева идентификовање и категоризацију опасности, као и анализирање сценарија нежељених догађаја.

Развој и имплементација управљања обухвата идентификовање неопходних стандарда, утврђивање додатних захтева, идентификовање специфичних контрола у датом окружењу, и дефинисање програма заштите запослених.



Слика 2.6. Концептуална веза између основних функција интегрисаног система заштите, и примењени принципи (DoE, 2001)

Радне активности подразумевају ауторизацију послова, поступак ауторизације, као и специјалне шаблоне за ауторизацију.

Повратне функције су неопходне како би се идентификовале неправилности или одступања која могу довести до нежељених последица, односно како би се утврдило исправно обављање посла или обезбедиле адекватне информације о квалитету заштите. Неопходно је дефинисати особе које су задужене за креирање повратних информација и њихово коришћење у циљу побољшавања радних процеса. Прикупљање и генерисање података, њихова анализа и евалуација омогућава иницирање побољшања, корективне или превентивне акције, односно стицање и дељење знање.

Најзначајније у процесима интеграције различитих издвојених система заштите је дефинисање ефикасности интеграционог процеса, односно шта утиче на ефикасност интеграције. У неким индустријама, за потребе интеграције, индикатори су добро дефинисани, као што је код производње рачунара склапањем појединачних компоненти.

### 2.4.3. Фактори успешне интеграције система заштите

Потреба за интеграцијом система заштите је заснована, између осталог, на сличностима између програма управљања квалитетом, заштитом животне средине и безбедности и здравља на раду, а заснива се на потреби за поједностављивањем постојећих издвојених система, оптимизацији расположивих ресурса заштите, побољшању организационих перформанси и успостављању методологије за континуално побољшање система заштите (према *McDonald et al., 2003*). Основне предности интеграције су креирање једноставнијег система, оптимизовано коришћење ресурса, интеграција циљева и планова заштите у јединствено пословно окружење, континуално побољшање перформанси заштите и организационих перформанси.

У (*Fernandez-Muniz et al., 2007*) следећи фактори ефикасних система управљања заштитом су идентификовани: политика заштите, подстицаји за учешће запослених, управљање, планирање, обука и комуникација. Ефикасна комуникација је значајна за колаборацију у интегрисаним системима заштите (*Janačković et al., 2012a; Janačković, 2013b*). Интеграција система стандарда управљања квалитетом, управљања заштитом животне средине и безбедношћу и здрављањем на раду, као и проблеми приликом интегрисања система управљања описани су у (*McDonald et al., 2003*) и (*Mathias & Coelho, 2002*).

Као показатељи успешности интеграције система заштите идентификовани су (*Janačković et al., 2012a; Janačković, 2013a; Janačković, 2013b*):

- Слагање процедура и процеса заштите са радним процедурама и процесима – идеја интегрисања система заштите подразумева да се заштите не третира као посебна целина у организацији, већ да буде део сваког пословног процеса. Самим тим, слагање радних процеса и одговарајућих процедура заштите омогућава њихово једноставније истовремено разматрање. Процеси заштите треба да се дефинишу тако да у потпуности буду у складу са радним процедурама, које употпуњују, а да се ни на који начин не третирају као независне и додатне активности и обавезе запослених, независне од текућих радних процеса и процедура;
- Смернице за интеграцију заштите и процедура заштите – свака фаза у животном циклусу организације, односно сваки организациони процес мора да садржи водиле за интеграцију заштите и процедура заштите са пословним процесима;

- Нивои заштите – постојање различитих нивоа заштите омогућава једноставнију интеграцију заштите са пословним процесима у организацији. Одређене активности се обављају на различитим нивоима хијерархије у организацији;
- Размена знања о заштити – неопходност постојања механизма размене знања и искустава које су неопходне да би се омогућило континуално унапређење система заштите, чување претходно стеченог знања у облику који је могуће трајније чувати и преносити у друге делове организације;
- Вештине за интеграцију система заштите – неопходне вештине које омогућавају једноставнију интеграцију система заштите, од појединачних вештина, до вештина координације и сарадње са појединцима и организационим целинама;
- Имплементација правних норми и стандарда – основа за имплементацију ефикасног система заштите у организацији;
- Техничка подршка заштите – техничка подршка за имплементирање ефикасног система заштите, која омогућава како постизање одговарајућег нивоа заштите, тако и размену знања и искустава стеченог у различитим организационим целинама или у различитим периодима функционисања организације;
- Ефикасно (пословно) извештавање о заштити – омогућавање добијања правих информација о заштити на различитим нивоима организације, чиме се поспешује организациона култура о заштити како на нивоу запослених, тако и на нивоу управљачких структура;
- Вештине запослених у комуницирању и извештавању – неопходне како би се ефикасно остваривала комуникација, колаборација и координација активности које се односе на заштиту. У процес заштите морају бити укључене не само особе задужене за заштиту, већ и сви запослени, од непосредних извршилаца, до управљачких структура, а да би сви имали одговарајуће информације, неопходно је поседовање вештина комуницирања;
- Функционалност технологија за подршку интеграцији – технологије које подржавају интеграцију су неопходне, од оних којима се остварује одређени ниво заштите у организацији, преко технологија надгледања, односно праћења стања радне и животне средине, до технологија које омогућавају ефикасну комуникацију и координацију свих акција неопходних за ефикасну интеграцију система заштите;

- Механизми за континуално побољшање заштите – представљају пре свега организационе механизме, којима се омогућава континуално побољшање система заштите;
- Ефикасно управљање ресурсима и приоритети – ефикасност управљања ресурсима је посебно значајно за предузећа са ограниченим организационим, људским и финансијским ресурсима, тако да омогућавање њиховог ефикасног коришћења и адекватно дефинисање приоритета постаје веома значајно за ефикасно пословање;
- Персонална обука о координацији и колаборацији – да би се омогућила ефикасна размена неопходних информација, персонална обука је неопходна;
- Стратегија, интензитет и трошкови одржавања – систем заштите, као и сваки сложени систем, захтева одређено одржавање, а при томе су важни аспекти интензитет и трошкови одржавања, посебно у ситуацијама у којима постоје ограничени ресурси;
- Распољиви фондови – финансије су ограничавајући фактор, посебно код имплементирања сложених система заштите у технолошким процесима; фондови могу бити од помоћи да се покрије део финансијских издатака у раној фази развоја таквих система;
- Распољиве базе података о исходима заштите – за ефикасно управљање заштитом, веома важне су адекватне и благовремене информације, као и подаци из историје рада система, како би се нашла потенцијална решења за повећање ефикасности система или решавање одређених идентификованих проблема;
- Јасне улоге у управљању заштитом – да би се интегрисао систем заштите, веома значајно је прецизно дефинисање улога у систему заштите, што омогућава ефикасно управљање системом;
- Линијско управљање одговорношћу о заштити – један од значајних аспеката управљања је дефинисање одговорности за сваки од елемената или процеса у систему заштите.

Приликом анализе ефикасности интегрисања система заштите могу се идентификовати следеће групе индикатора: организациони индикатори, персонални индикатори, технички индикатори, и остали индикатори (утицај окружења).

Прва група индикатора описује организационе аспекте интеграције система заштите. Они су дефинисани организационим процедурама и механизмима за побољшање



интеграције заштите у свим фазама животног циклуса организације (између осталог, дефиниција јасних улога, приврженост менаџмента интеграцији заштите, механизми за промоцију интеграције система заштите, слагање процедура заштите са стандардним радним процедурама).

Друга група индикатора описује персоналне аспекте интеграције система заштите. То су утицаји или ефекти запослених и/или послодаваца на интеграцију система заштите (индивидуалне вештине које могу да помогну интеграцији, персонална обука која омогућава кооперацију, поштовање процедура заштите и слично).

Трећа група индикатора описује технички део друштвено-техничког система заштите. Он се описује помоћу перформанси техничких система заштите, подржавајућих технологија заштите и животног циклуса аутоматских система заштите.

Последња група индикатора описује екстерне ефекте на интеграцију система заштите који имају утицај на интеграционе процесе (стандарди, закони, расположиви фондови, стандардизационе процедуре итд).

У табели 2.4 приказани су одабрани индикатори за сваку од четири идентификоване групе индикатора за описивање ефикасности интеграције система заштите.

Одређени индикатори могу се релативно тумачити на различите начине, поготово они који се односе на организационе аспекте, поверење појединаца у организационе процесе и друге појединце који учествују у процесу. Обично се проблеми јављају код преплитања људских и организационих аспеката, односно људских и техничких аспеката, услед сложених релација у систему заштите, као и могућности да се одређене функције у систему заштите реализују на различите начине, са приближно истим нивоом ефикасности. Забуна како да се класификују, може довести до тога да се погрешно идентификују индикатори и да се погрешно утврди њихов значај.

Као сложени систем, интегрисани систем заштите погодан је за примену метода за анализу комплексних система. Такође, веома је важно идентификовати кључне перформансе система и омогућити њихово ефикасно праћење. Методи вишекритеријумске анализе и одлучивања се ефикасно могу примењивати на све комплексне системе, а самим тим и на интегрисани систем заштите.

Табела 2.4. Основни индикатори ефикасности интеграције система заштите

Елементи	Индикатори
Организација	<p>Ефикасно пословно извештавање о заштити (инциденти, избегнуте несреће, удесни догађаји, оштећење имовине, утицај на животну средину)</p> <p>Ефикасно управљање ресурсима заштите и приоритетима који се односе на систем заштите</p> <p>Јасно дефинисане улоге за управљањем заштитом и формално потврђивање акција</p> <p>Линијска одговорност за заштиту</p> <p>Механизми промовисања интегрисања система заштите</p> <p>Организациони механизми за непрекидно побољшање система заштите</p> <p>Организациони механизми награђивања учесника у интерактивном тимском раду у систему заштите</p> <p>Постојање адекватног броја детаљних водила о интеграцији заштите и процедурама заштите</p> <p>Прецизно дефинисане активности и фазе у животном циклусу заштите</p> <p>Приврженост менаџмента за интеграцију заштите у све организационе активности</p> <p>Слагање процедура заштите са радним процесима и процедурама</p>
Запослени / послодавци	<p>Активности које се односе на интеграцију и колаборативан рад не ремете свакодневне радне активности и не захтевају додатан напор</p> <p>Запослени имају довољно вештина за интегрисање система заштите</p> <p>Индивидуално слагање са радним процедурама је дефинисано за потребе интеграције</p> <p>Индекс комуникационих вештина и вештина извештавања за запослене</p> <p>Лична обука запослених о координацији и колаборацији</p> <p>Поверење у интегрисани систем заштите и укључене појединце</p>
Техника / технологија	<p>Број нивоа заштите је адекватан за посматрани технолошки процес</p> <p>Број и карактер техничких система заштите је адекватан</p> <p>Стратегија одржавања, интензитет и трошкови су одговарајући</p> <p>Технологије управљања знањем су примењене на размену знања о заштити</p> <p>Функционалност подржавајућих технологија је адекватна за интеграцију система заштите</p>
Окружење	<p>Ниво имплементације регулативе и стандарда је адекватан</p> <p>Адекватан број расположивих фондова за реализацију интегрисаних система</p> <p>Базе података о исходима заштите и ефектима интегрисаних система</p> <p>Стандарди дефинишу препоруке о интеграцији система заштите</p> <p>Закони дефинишу прецизна првила која се односе на интегрисане системе заштите, обавезе и очекиване резултате</p> <p>Постоје процедуре оцене ефективности интегрисаних система заштите на основу уложених ресурса и постигнутих резултата</p>

## **3. УПРАВЉАЊЕ СИСТЕМОМ ЗАШТИТЕ**

СИСТЕМ УПРАВЉАЊА ЗАШТИТОМ

ВЕРТИКАЛНО УПРАВЉАЊЕ

ХОРИЗОНТАЛНО УПРАВЉАЊЕ

УПРАВЉАЊЕ ЗАСНОВАНО НА ЖИВОТНОМ ЦИКЛУСУ

УПРАВЉАЊЕ ЗАСНОВАНО НА ПЕРФОРМАНСАМА

### 3.1. СИСТЕМ УПРАВЉАЊА ЗАШТИТОМ

Систем заштите, као комплексан систем, има хијерархијску структуру, при чему сваки ниво хијерархије има одређена инхерентна својства. То значи да су одређене карактеристике тог нивоа несводљиве. Различити модели описују различите нивое хијерархије.

Са аспекта управљања постоје два значајна аспекта истраживања система заштите. Први се односи на дефинисање ограничења функционисања или понашања појединачних компоненти система, као и ограничења њихове интеракције. Други значајан аспект је дефинисање контролних механизма, заснованих на дефинисаним ограничењима у радној и животној средини, као основе управљачког процеса дефинисаног на више нивоа хијерархије. Дакле, ограничења дефинисана у систему заштите представљају основу за управљање заштитом.

Да би се контролисао одређени процес, неопходно је да постоје четири предуслова на основу (Ashby, 1956):

- циљ – контролер мора да има циљ или циљеве;
- могућност праћења – контролер мора да констатује стање система;
- модел – контролер мора да буде (или садржи) модел система;
- акција – контролер мора да утиче на стање система.

Због тога је неопходно идентификовати процесе заштите, прецизно дефинисати циљеве и потенцијалне акције, превентивне и корективне, као и начин праћења и оцењивања стања система заштите. Стандардна контролна петља у систему заштите приказана је на слици 3.1.



Слика 3.1. Стандардна контролна петља примењена на процес заштите

Стање процеса описује се одговарајућим мерним променљивама (повратне информације), а то се користи за иницирање акција према контролним променљивама, како би се процес одржавао у дозвољеним границама или постигао унапред дефинисани циљ независно од поремећаја у процесима. Комуникација, односно размена информација је неопходна у процесу регулације или управљања системом (*Checkland, 1981*). Информације у систему заштите добијају се праћењем величина које описују процесе и активности заштите у систему.

Управљање заштитом подразумева контролисање и побољшање активности заштите.

Аспекти о којима се води рачуна, описано у логичком редоследу, су:

- Одређивање тренутних перформанси активности заштите. Релевантни параметри треба да се одреде, како би се добила јасна слика о тренутним перформансама система заштите.
- Анализа расположивих резултата. Да би се разумела позадина остварених ефеката активности заштите, неопходна је анализа и утврђивање утицајних фактора.
- Утврђивање стратегије побољшања. Након што се добију резултати анализе, односно узроци одговарајућих вредности перформанси активности, одлучује се о њиховом побољшавању, уз претпоставку да тренутне перформансе нису прихватљиве и да треба увести побољшања.
- Имплементирање побољшања. Да би се успешно имплементирала побољшања, неопходно је дефинисати одговарајући скуп побољшања и извести их у пракси.

Веома значајно је разматрање и планирање организационих аспеката који утичу на ефикасност и ефективност примењених мера заштите. Системски приступ је неопходан да би се спречили одређени проблеми који могу довести до појаве хазардних ситуација. Понављање несрећа или појава нових опасних ситуација (које могу довести до несреће) спречава се системским управљањем заштитом.

**Систем управљања заштитом** подразумева организациону структуру, одговорности, процедуре, процесе, информације и ресурсе који су неопходни да би се ефикасно и ефективно извеле све активности које се односе на заштиту људи, очување стања радног и животног окружења и спречавање капиталних и оперативних губитака (према *Knegtering, 2002*). Дефинишу се активности заштите које се изводе у свим фазама функционисања организације и производног процеса.

Према (CCPS, 1989) систем управљања заштитом представља скуп политика, процедура и пракси, пројектованих са циљем да спрече појаву великих несрећа. Служи за интегрисање концепата заштите у активности које су укључене у операције на свим нивоима. Систем управљања заштитом укључује програме прегледања и провере, упутства за прихватање ризика, анализе организационих активности, као и управљање преосталим (резидуалним) ризиком. Систем се имплементира у фазама. Иако је циљ креирање свеобухватног, интегрисаног система, није неопходно да буде реализован у једном кораку. На основу дефиниције система за управљање заштитом може се закључити да је овај систем веома сличан систему управљања квалитетом, који дефинише серија стандарда ISO 9000.

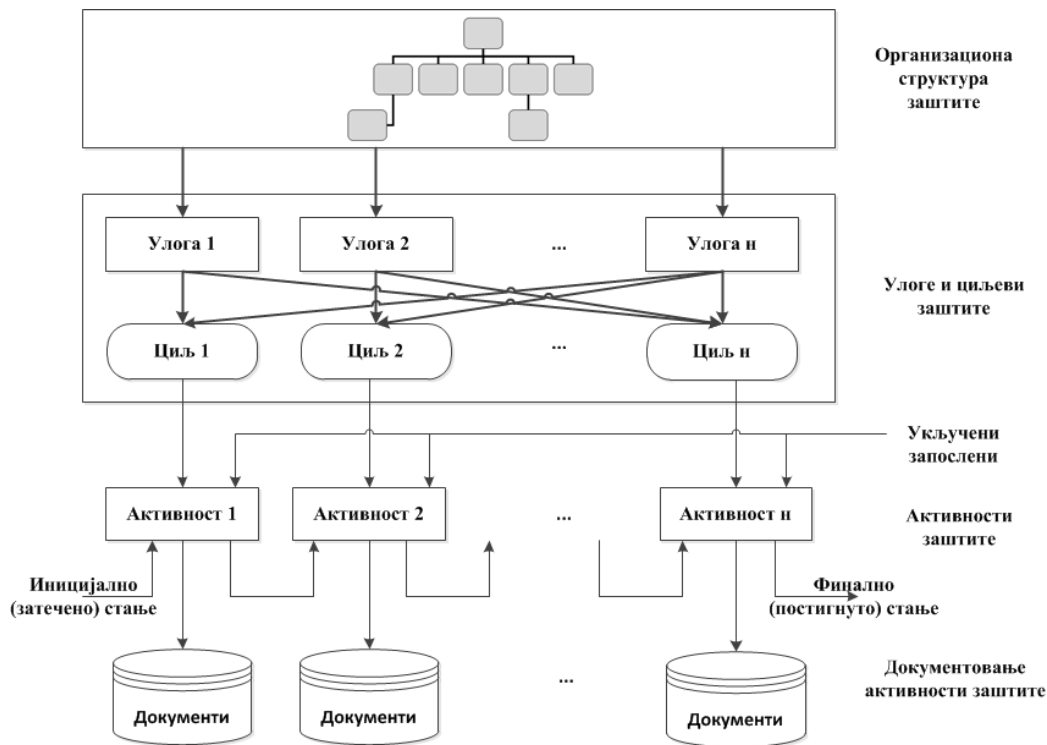
Организациона структура утиче на могућност имплементирања концепта управљања заштитом. Две најчешће примењене структуре управљања описане су у (Mintzberg, 1992) и (Kerklaan, 1998). Ова два модела представљају такозвани вертикални или линијски приступ управљању, односно хоризонтални приступ или приступ управљања процесима. Приступ заснован на управљању животним циклусом представља неку врсту хибридног модела, заснованог на хоризонталном и вертикалном приступу.

### **3.2. ВЕРТИКАЛНО УПРАВЉАЊЕ**

Први концепт за постизање одређеног квалитета система заштите је линијски приступ управљању, односно вертикални приступ. Овај приступ управљању карактерише једноставна, централно организована структура особа које су одговорне за специфичне циљеве. Овај тип приступа омогућава повезивање различитих циљева. Намера је дефинисање различитих циљева у линијском редоследу. То се остварује превођењем општих циљева управљања у циљеве који се постижу на нижим нивоима организације. Технике које се примењују су развој политика, управљање циљевима и једносмерно управљање (Kerklaan, 1998). Ову технику управљања карактерише приступ одозго наниже (top-down приступ).

Организацијом управља онај ко је примарно одговоран. Различити експерти су одговорни за постизање циљева који су у вези са заштитом. Посебни тимови извршавају конкретне активности заштите.

На слици 3.2 приказани су организациона структура и одговорности запослених који су укључени у процес остваривања циљева заштите.



Слика 3.2. Вертикално управљање заштитом (адаптирано према Kerklaan, 1998)

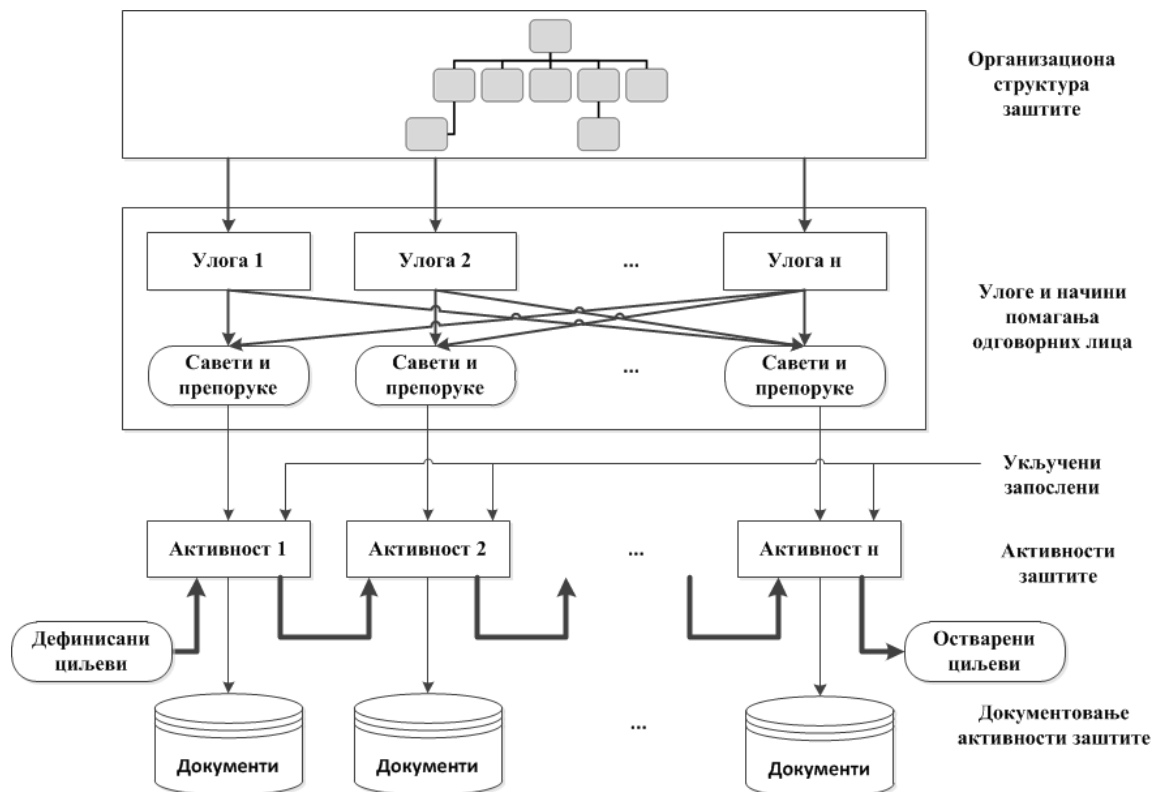
Вертикалне комуникационе линије јасно указују на међусобну зависност, коју дефинише и којом управља главни запослени. Услед релативно честе реорганизације, запослени укључени у активности заштите примарно су фокусирани на испуњавање захтева које дефинишу њихови надређени.

### 3.3. ХОРИЗОНТАЛНО УПРАВЉАЊЕ

Други концепт за постизање одговарајућег квалитета система заштите је примена организационог модела заснованог на пословним процесима, односно управљању процесима или хоризонталном управљању. Овај организациони модел карактеришу секвенце група активности заштите. Циљ је оптимално повезивање међусобно зависних активности. Сваком групом активности управљају запослени који су део једног тима или одељења, а сви запослени заједно имају циљ да испуне захтеве међусобно повезаних активности. Да би се успешно испунио задатак, на располагању треба да буду неопходне информације и документи. Коначан резултат извршених активности су нови документи и остале излазне информације.

Хоризонталне комуникационе линије јасно указују на везу између различитих тимова, што се може поредити са везом између произвођача и потрошача, односно корисника.

На слици 3.3 приказана је веза између различитих тимова, њихових циљева и неопходних улазних и излазних информација, односно документационих токова (Kerklaan, 1998). Успешност постизања циљева заштите умногоме зависи од присуства и квалитета информационих и документационих токова. Уколико информације нису довољно квалитетне, то ће имати негативан утицај на постизање циљева приликом извршавања неке од наредних активности.



Слика 3.3. Управљање процесима, хоризонтални приступ (адаптирано према Kerklaan, 1998)

Системи квалитета се заснивају на серији стандарда квалитета ISO 9000, а карактерише их оријентисаност ка токовима процеса. Активности заштите обављају тимови, који сарађују према принципу „произвођач-корисник“. Адаптација постојећег система квалитета и прилагођавање стандарду IEC 61508 подразумева имплементацију животног циклуса заштите.



### 3.4. УПРАВЉАЊЕ ЗАСНОВАНО НА ЖИВОТНОМ ЦИКЛУСУ

Стандарди који се односе на заштиту, а који захтевају имплементирање животног циклуса заштите (нпр. IEC 61508, IEC 61511), не дефинишу прецизно како тај модел треба имплементирати и како управљати моделом. У пракси се примењују различити модели, посебно када се ради о управљању процесном заштитом.

#### 3.4.1. Животни циклус заштите

Животни циклус је скуп међусобно повезаних активности. То је шаблон предвидивих промена (*Robbins, 1990*). Повезане организационе активности које се односе на заштиту могу се описивати помоћу животног циклуса.

Животни циклус заштите је инжењерски процес пројектован са циљем да се обезбеди заштита сходно прихватљивом нивоу ризика, уз разматрање перформанси које омогућавају да се изаберу одговарајуће технологије и оптимална пројектна и организациона решења. Животни циклус заштите почиње од тренутка када заштита постане тема од интереса, и траје до тренутка када о њој више није неопходно водити рачуна, односно од тренутка када почну активности које укључују аспекте заштите, све до престанка употребе система заштите.

Животни циклус заштите обухвата неколико фаза, од процене ризика до престанка коришћења система заштите. Фаза животног циклуса је одређени скуп директно повезаних активности, које започињу у одређеном временском тренутку, и имају коначно трајање. Један скуп активности не започиње док се не заврши претходни скуп повезаних активности.

Међутим, управљање заштитом подразумева бројне активности, од којих се неке извршавају и истовремено. Овај аспект паралелног извршавања познат је у конкурентном инжењерству. У контексту примене модела животног циклуса заштите за дефинисање структуре система за управљање заштитом, дефинисање граница између фаза животног циклуса је субјективан процес и зависи од перцепције и интерпретације експерта, односно од конкретног система.

Животни циклус заштите према (*Bergstrom, 2009*) садржи следеће фазе, које се извршавају периодично:

- Анализа опасности и ризика;
- Пројектовање (анализа и иницијална евалуација);
- Имплементирање, инсталирање, пуштање у рад и континуална валидација;

- Примена и одржавање система;
- Модификовање на основу уочених неправилности или недостатака.

Модел животног циклуса заштите дефинишу међусобно повезане активности, као и потребу за разменом информација (или токовима информација) између специфичних активности. Токови информација између појединачних фаза животног циклуса представљају скупове информација између специфичних активности узастопних фаза животног циклуса.

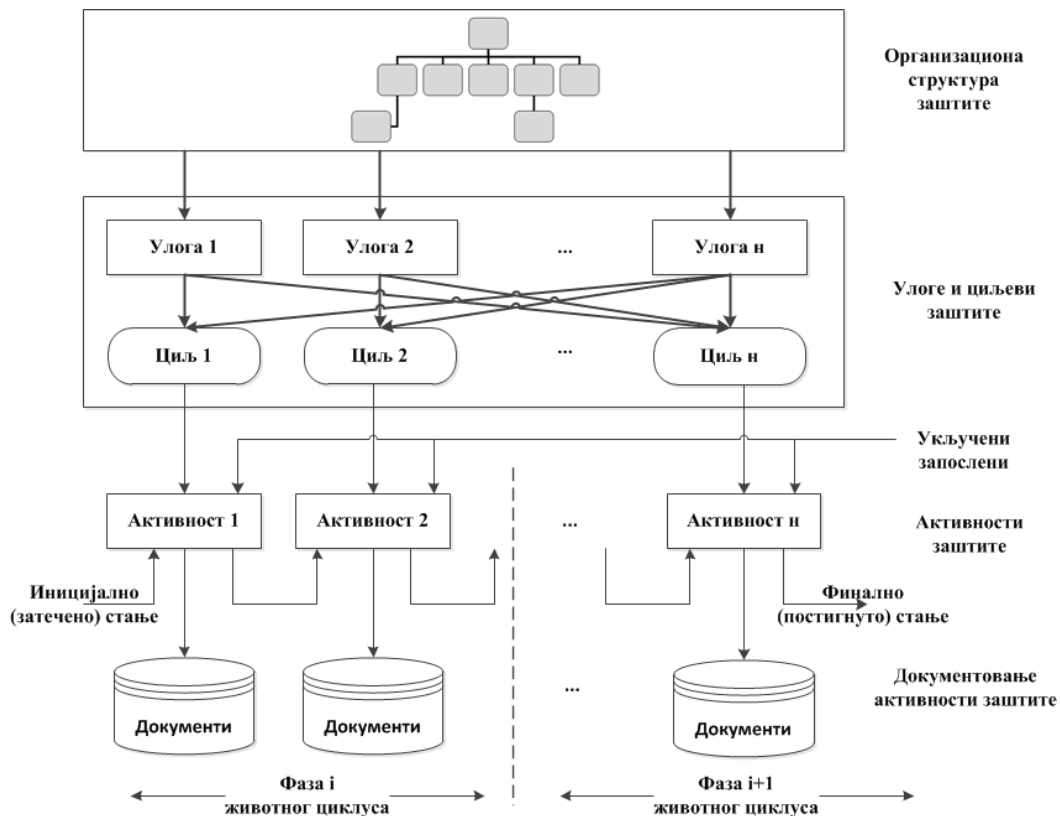
Иако одређени стандарди заштите, као што је нпр. IEC 61508 (*IEC, 1998, 2010*), указују на врсте информација које је неопходно дефинисати у једној фази и користити у некој од следећих фаза, ниједан од стандарда не дефинише ниво квалитета ових информација. Ниједан од стандарда прецизно не дефинише ни које информације треба да буду креиране као резултат специфичне активности и за коју другу специфичну активност се те информације користе.

Циљ креирања модела животног циклуса заштите је организовање активности заштите, односно обезбеђивање адекватног планирања развоја система заштите, који ће испунити постојеће или планиране захтеве у вези са заштитом (*IEC61511, 2003*). Свака фаза животног циклуса заштите дефинише се помоћу улаза, излаза и активности провере.

Почетни стадијум је успостављање баланса између појединачних фаза, како би се оптимизовала ефикасност и ефективност управљања животним циклусом заштите. Пажња се обично усмерава ка идентификовању потенцијално опасних ситуација, а не и ка идентификовању захтева који се односе на заштиту. Слаба комуникација на нивоу организације такође може довести до неефикасног система заштите. Техника која се може користити за управљање животним циклусом заштите умногоме зависи од интеграције укључених фаза животног циклуса. На слици 3.4 приказан је хибридни модел процесно оријентисаног приступа заснованог на линијском управљању.

Предност линијског управљања је јасно разумевање постојећих одговорности за активности заштите. Међутим, недостатак је релативно мала пажња која се посвећује резултатима укључених активности, како би они били погодан улаз за друге активности. Овај недостатак се много боље решава у процесно оријентисаном приступу. Међутим, недостатак процесног приступа управљању је недовољно прецизно описана одговорност појединаца приликом извршавања активности. Приступ заснован на животном циклусу има предност због посвећивања пажње идентификацији

и алокацији укључених и неопходних активности као дела целокупног животног циклуса. Очигледно, свака реална организација се карактерише специфичним аспектима или комбиновањем описаних организационих структура.



Слика 3.4. Приступ управљању заштитом заснован на животној циклусу (Kerklaan, 1998)

Мотив за реализовање модела управљања животним циклусом заштите је боље разумевање тренутних организационих процеса заштите и могућност алоцирања потенцијалних проблема који су у вези са заштитом. Управљање животним циклусом заштите представља форму система за управљање заштитом који је оријентисан ка животној циклусу и пружа структуру која омогућава управљање повезаним организационим процесима.

Први корак приликом анализе управљања животним циклусом заштите је специфична анализа оријентисана ка систему заштите који се тренутно користи. Животни циклус заштите може да се анализира применом техника дијаграма токова (Heel et al., 1999). Ове технике су описног карактера. Циљ је побољшање ових техника до нивоа у коме се процесном заштитом може превентивно управљати.

Модел животног циклуса заштите може се поделити у три основне фазе, које дефинишу домет животног циклуса. Прва фаза односи се на анализу ризика. У њој се идентификују потенцијалне опасности, њихов утицај и последице, односно процењује вероватноћа појаве. Утврђују се мере које омогућавају редуковање ризика, односно захтеви, који се везују за одговарајуће системе заштите. Друга фаза се односи на техничку спецификацију, развој и имплементацију система заштите, а трећа на коришћење, праћење стања и континуално унапређење система заштите. Дефинишу се захтеви за успостављање система заштите, његово одржавање, периодичне провере, потребна унапређења, а након престанка потребе за постојећим системом и његово уклањање.

Домет појединих управљачких активности у животном циклусу заштите је битан у контексту осталих активности везаних за заштиту, које укључују мере редуковања ризика и активности које нису непосредно у вези са заштитом, као што су активности које се односе на квалитет. Јасна дефиниција домета активности заштите спречава могућност игнорисања одређених кључних активности (*Kletz, 1999*).

На макро и микро нивоу могућност управљања заштитом у току целог животног циклуса зависи од квалитета сваке појединачне активности заштите на микро нивоу.

Један од аспеката који утиче на квалитет процеса управљања заштитом је ниво квалитета и расположивости излазних информација за једну конкретну активност, које се касније користе као улазне информације за наредну активност. Управљање скупом активности заштите на микро нивоу, на основу управљања улазима, активностима и излазима, сматра се основом управљања животним циклусом заштите.

Модел животног циклуса представља радни оквир у коме су дефинисане све активности заштите. Овај радни оквир помаже структурирање захтева, а стандарди повезују те захтеве са специфичним фазама животног циклуса заштите. Аспекти који утичу на перформансе заштите су успешност извршавања активности и начин реализовања тока неопходних информација између појединих активности.

Квалитет улаза и квалитет механизма трансформације дефинише перформансе процеса и квалитет излаза. У контексту активности заштите, квалитет излаза зависи од броја улаза и карактеристика саме трансформације. Значајно је утврдити неопходне улазе, карактеристике активности заштите и успешност извршавања одређене активности. Када се ради о управљању организацијама, разматрање се обично почиње помоћу **W питања** (*Mintzberg, 1992*). Она су везана за утврђивање потребе и времена

извршавања акција, неопходних предуслова и жељених резултата активности, места реализовања, запослених који треба да учествују у активности, успешности изршавања и начина на који се обавља валидација резултата активности. Исти принцип се може применити и на активности заштите.

Анализа животног циклуса заштите омогућава систематско и независно разматрање квалитета како би се одговорило на следећа питања: да ли су процедуре специфичне за функционалне захтеве заштите и концепт управљања животним циклусом заштите у складу са утврђеним плановима; да ли су планови ефикасно имплементирани; да ли су процедуре погодне за остваривање наведених циљева, (*Knegtering, 2002*).

Примена модела животног циклуса заштите помаже координисање, комуницирање и трансформацију информационих токова између активности заштите. Уколико се таква група повезаних активности исправно изводи, испуњавају се циљеви заштите који су дефинисани у конкретној фази животног циклуса.

### **3.4.2. Стандардизовање животног циклуса заштите**

Да би се постигао одговарајући квалитет система заштите у току целокупног животног века, неопходно је да се изврше различите активности у циљу спречавања потенцијалних несрећа. Стандарди IEC 61508 и ANSI/ISA S84.01 то третирају као скуп захтева (*IEC, 1998, 2010; ANSI/ISA, 1996*). Циљ сваког захтева, као дела стандарда, је спречавање појаве грешке која доводи до нежељеног догађаја. Организација која одлучи да имплементира ове стандарде, треба да прилагоди организационе процесе и имплементира захтеве стандарда. Тако се са управљања грешкама прелази на управљање захтевима, а затим организационим процесима или организационим активностима које се односе на заштиту.

Стандарди дефинишу животни циклус активних система техничке заштите и захтевају имплементирање животног циклуса заштите у систем управљања заштитом.

Иако стандарди за техничке системе заштите захтевају дефинисање и примену модела животног циклуса заштите, не инсистирају на примени модела идентичног оном који је наведен у стандарду. Неопходно је да се испуне сви захтеви за појединачне фазе животног циклуса заштите, док организација има слободу приликом дефинисања модела животног циклуса заштите, који ће одговарати специфичној примени.

Први стандард у овој области донео је Амерички национални институт за стандарде (*American National Standards Institute - ANSI*), 1996. године, ANSI/ISA S84.01-96, и он

се односио на процесну индустрију. Након две године, 1998, појавила се прва верзија стандарда Међународне електротехничке комисије (International Electrotechnical Commission – IEC) IEC 61508, а 2010. године друга верзија потпуно заокружена кроз седам делова. Принципи оличени у овом стандарду су међународно прихваћени и сматрају се добром праксом у области управљања безбедношћу. IEC 61508 је генерички стандард који се односи на све привредне секторе и представља основу за доношење конкретнијих стандарда у специфичним секторима (нпр. у процесној индустрији IEC 61511, машинској IEC 62061, нуклеарној IEC 61513, на железници EN 50126) или за специфичне производе (нпр. гасни детектори IEC 60079-29-3). Стандард за управљање животним циклусом заштите у процесној индустрији, IEC 61511, донет је 2003. године, а већ 2004. године извршено је усаглашавање ANSI/ISA S84.01-96 са овим стандардом кроз стандард ANSI/ISA S84.00.01-2004. У наредном тексту биће више речи о овим стандардима.

#### **3.4.2.1. Животни циклус заштите према стандарду IEC 61508**

Стандард IEC 61508 се односи на функционалну безбедност постигнуту помоћу система заштите који се првенствено примењују у електричним и/или електронским и/или програмабилним електронским (Е/Е/РЕ) технологијама, односно помоћу Е/Е/РЕ заштитних система. За остваривање функционалне безбедности неопходно је поставити две врсте захтева: захтеве безбедности (којима се дефинише шта функција заштите ради) и захтеве интегритета заштите (којима се дефинише вероватноћа да функција испуњава захтеве). Захтеви безбедности се изводе из анализе опасности, а захтеви интегритета заштите из процене ризика. Процена ризика указује на интегритет заштитног система који обезбеђује прихватљив ризик система.

Интегритет заштите се може дефинисати као вероватноћа да ће систем заштите обавити функцију заштите у дефинисаним условима и у току дефинисаног периода времена. Таква спецификација функције заштите укључује и активности које треба предузети као одговор на постојање одређених неповољних услова, као и време за које одговор треба да се реализује. Стога, ниво интегритета заштите (Safety Integrity Level – *SIL*) представља меру поузданости функције заштите (или система заштите). *SIL* је кључни пројектни параметар којим се дефинише величина редукције ризика која се мора постићи уградњом система заштите који врши поједине заштитне функције.

Погрешно изабране вредности *SIL-a* главни су узроци несрећа у различитим индустријама.

Остали захтеви стандарда нису специфични само за примењене технологије, укључујући документацију, управљање функционалном безбедношћу, процене функционалне безбедности и компетентност. Сви захтеви који нису технолошки специфични корисно се могу применити на друге заштитне системе, иако ови системи нису у оквиру стандарда.

IEC 61508 не даје само техничке смернице, иако је његова примарна намера да се бави техничким питањима пројектовања и развоја система заштите. Стандард настоји да уведе управљање безбедношћу и безбедносни инжењеринг у све аспекте управљања системом и обухвата читав животни циклус система, од концепта до престанка рада.

Према (*Савић, Гроздановић, Стоиљковић, 2014*), стандард IEC 61508:2010:

- користи приступ заснован на ризику за утврђивање потребне мере интегритета заштите Е/Е/РЕ система;
- користи модел животног циклуса као технички оквир за активности које су неопходне за обезбеђивање функционалне безбедности која се постиже Е/Е/РЕ заштитним системима;
- покрива све активности животног циклуса од почетног концепта, преко анализе и процене ризика, развоја безбедносних захтева, спецификација, дизајна и имплементације, рада и одржавања, модификације, до коначног стављања ван погона и/или одлагања;
- обухвата аспекте система (све подсистеме за обављање заштитне функције, укључујући и хардвер и софтвер) и механизме отказа (случајне и системске);
- садржи захтеве за превенцију отказа (спречавање настанка отказа) и захтеве за контролу отказа (осигурање безбедности и када се откази десе);
- специфицира технике и мере које су неопходне за постизање потребног интегритета заштите.

Стандард дефинише модел животног циклуса заштите који садржи (*IEC, 2010*):

(1) формулисање концептуалног пројекта процеса; (2) дефинисање домета; (3) анализа опасности и процена ризика; (4) идентификовање општих захтева у вези са функционалном безбедношћу; (5) алоцирање захтева; (6) планирање рада и одржавања Е/Е/РЕ заштитних система; (7) планирање циљног нивоа интегритета заштите применом квалитативних и квантитативних метода; (8) планирање поступка

инсталирања и стартовања система; (9) развој детаљног пројекта Е/Е/РЕ заштитних система; (10) реализовање осталих система заштите; (11) редуковање екстерних ризика, уколико постоје; (12) инсталирање и пуштање у рад система заштите; (13) провера система заштите пре пуштања у рад и у току рада; (14) функционисање и одржавање система заштите; (15) снимање и континуално процењивање сваке модификације система заштите; (16) престанак коришћења система заштите.

Животни циклус заштите према стандарду IEC 61508 приказан је на слици 3.5.



Слика 3.5. Модел животног циклуса заштите према стандарду IEC 61508 (IEC, 2010)

Животни циклус заштите је подељен у три фазе са одговарајућим бројем корака: анализа (кораци 1-5), реализација (кораци 6-13) и експлоатација (кораци 14-16). За сваки корак стандард даје посебна упутства и препоруке неопходне за реализацију тог корака, као и неопходну документацију.

Сврха концепта животног циклуса је да се безбедност посматра независно од функционалних проблема, чиме се превазилази претпоставка да ће функционална поузданост аутоматски произвести функционалну безбедност. Навођење посебних безбедносних захтева омогућава независне провере у односу на функционалност. Парадокс, међутим, представља чињеница да безбедносне активности не би требало да



се врше потпуно независно од других пројектних или оперативних активности. Оне треба да буду интегрисане у укупне перспективе система у свим фазама животног циклуса (*MTL Instruments Group, 2002*).

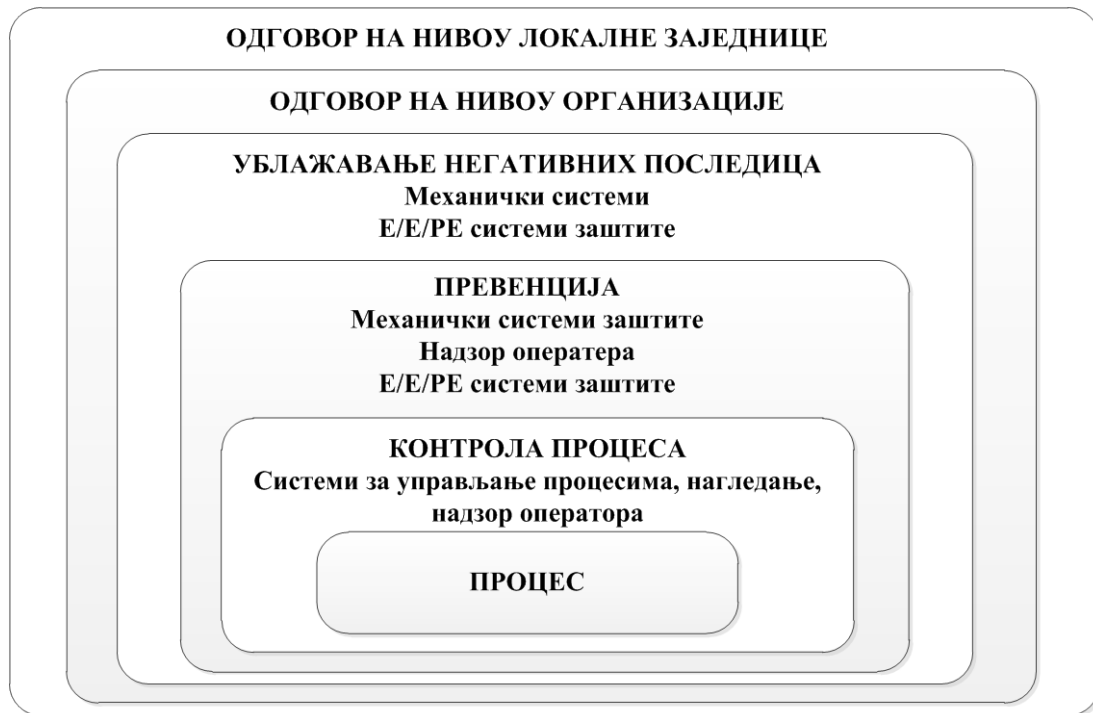
#### **3.4.2.2. Животни циклус заштите према стандарду ИЕС 61511**

ИЕС 61511 је стандард специфичан за процесну индустрију и Е/Е/РЕ системе заштите. Општи циљеви стандарда су идентификовање политика и стратегија за постизање захтеваног нивоа интегритета заштите и остваривање циљева које дефинише организација. Да би се остварили ти циљеви, неопходно је имплементирање структуре животног циклуса заштите и планирање заштите које омогућава дефинисање неопходних активности, група и појединаца одговорних за извршавање активности. Планирање се обавља у току целог животног циклуса заштите. Оно се реализује помоћу плана квалитета или посебног плана заштите, односно неколико организационих докумената који укључују процедуре и радну праксу.

Стандард јасно дефинише захтеве везане за управљање функционалном безбедношћу, и то: (1) општи захтеви; (2) организација и ресурси; (3) евалуација ризика; (4) планирање; (5) имплементирање и надгледање; (6) процена, праћење и ревизије.

Стандард, такође, дефинише концепт заштите, постављајући јасну разлику између основног управљачког система процеса и система заштите у слојевима за превенцију и ублажавање ефеката. У основном слоју за управљање оптимизују се процесни услови и побољшава производни капацитет и квалитет, док се Е/Е/РЕ системи заштите примењују приликом спречавања појаве нежељених догађаја у слоју превенције, односно за ублажавање последица појаве нежељених догађаја у слоју за ублажавање ефеката (слика 3.6).

Уколико се у фазама идентификовања потенцијалних опасности и процене ризика утврди да је неопходно коришћење система заштите, дефинишу се нивои редуковања ризика и циљни ниво интегритета заштите. Ефективност заштитног слоја описује се вероватноћом отказа система заштите (за начин рада на захтев) и учесталост (опасних) отказа (за континуални начин рада).



Слика 3.6. Концепти заштитних слојева у стандарду IEC 61511 (IEC, 2003)

Табела 3.1 показује однос нивоа интегритета заштите и вероватноће отказа на захтев, фактора редукације ризика, учесталости отказа и средњег времена рада до отказа.

Табела 3.1. Однос нивоа интегритета заштите и вероватноће отказа на захтев, фактора редукације ризика, учесталости отказа и средњег времена рада до отказа (IEC 61508, 2010; IEC 61511, 2003)

Ниво интегритета заштите	Опсег вероватноће отказа на захтев	Опсег фактора редуковања ризика	Опсег учесталости опасних отказа (1/h)	Опсег средњег времена до отказа (год.)
4	$\geq 10^{-5}$ до $< 10^{-4}$	10000 – 100000	$\geq 10^{-9}$ до $< 10^{-8}$	10000 – 100000
3	$\geq 10^{-4}$ до $< 10^{-3}$	1000 – 10000	$\geq 10^{-8}$ до $< 10^{-7}$	1000 – 10000
2	$\geq 10^{-3}$ до $< 10^{-2}$	100 – 1000	$\geq 10^{-7}$ до $< 10^{-6}$	100 – 1000
1	$\geq 10^{-2}$ до $< 10^{-1}$	10 – 100	$\geq 10^{-6}$ до $< 10^{-5}$	10 – 100

Узимајући у обзир модел животног циклуса заштите дефинисан стандардом IEC 61508, стандард IEC 61511 дефинише општи модел животног циклуса заштите у процесној индустрији, као и моделе за све три фазе животног циклуса: фазу анализе, фазу реализације и фазу експлоатације.

Општи модел животног циклуса заштите приказан је на слици 3.7.

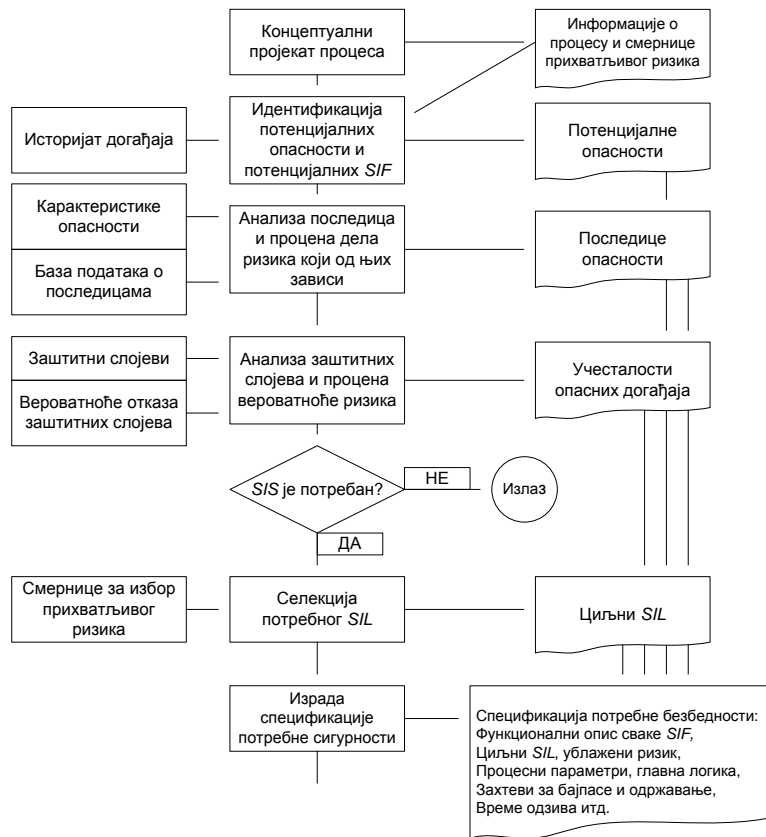


Слика 3.7. Животни циклус заштите према стандарду IEC 61511 (IEC, 2003)

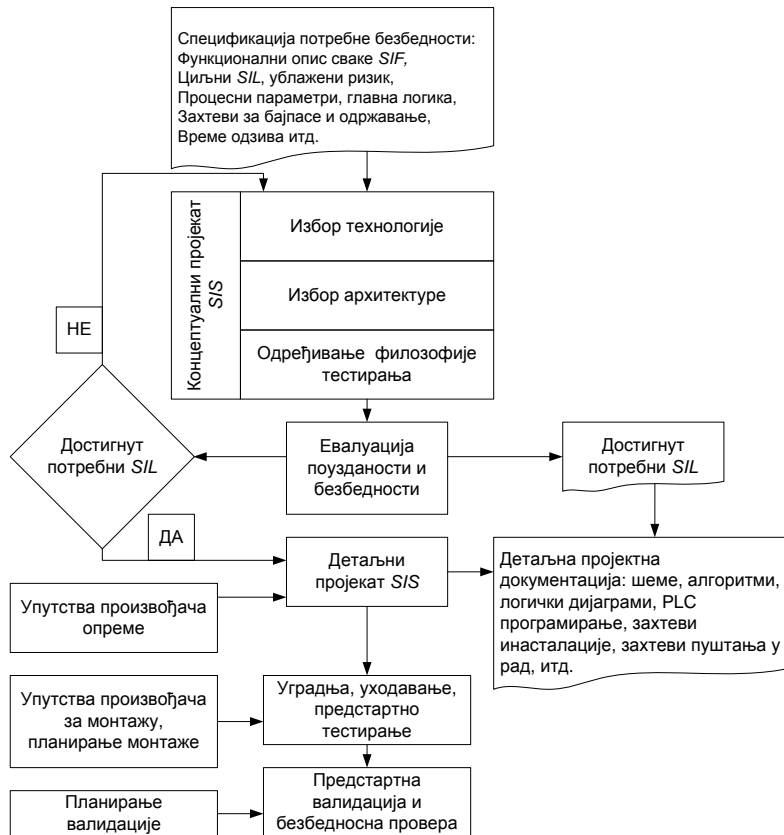
Фаза анализе се састоји од почетног планирања, идентификовања и спецификације функција које су потребне да би се систем заштите правилно применио у процесу. Поједине активности као и токови информација у оквиру ове фазе представљени су на слици 3.8.

Животни циклус система заштите почиње иницијалним пројектом процеса и дефиницијом садржаја и обима пројекта. Следећи кораци обухватају анализу опасности које у процесу постоје са циљем идентификације потребних функција заштите, одређивања тежине последица и вероватноће опасности, утврђивања специфичности система за редукацију ризика, и селекцију SIL-а за такве системе. Фаза анализе се завршава документовањем и израдом спецификације за пројектовање, имплементацију и експлоатацију система заштите.

Фаза реализације се састоји од пројектовања, израде, монтаже и тестирања система који је специфициран у фази анализе. На слици 3.9 приказане су све активности у фази реализације, као и токови информација потребни за ефикасно извршење ове фазе.



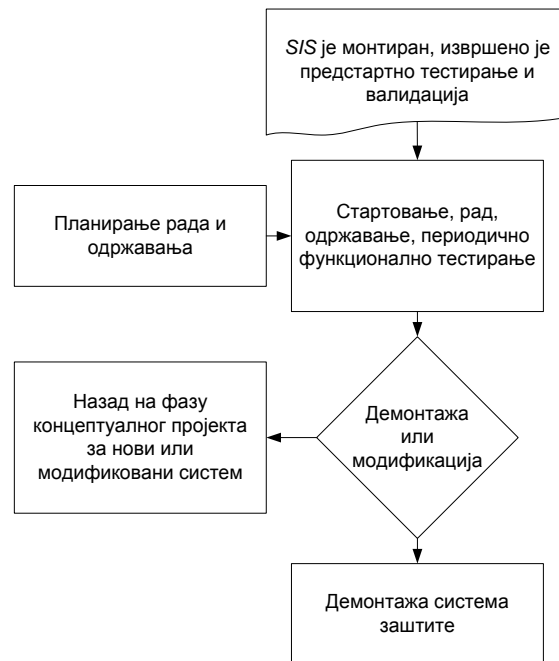
Слика 3.8. Фаза анализе у животном циклусу система заштите према IEC 61511



Слика 3.9. Фаза реализације у животном циклусу система заштите према IEC 61511

Први задатак у фази реализације је правилан избор технологије и архитектуре система да би се задовољили захтеви спецификације. Потребно је утврдити и план тестирања и верификације заштитног система како би се уверили да систем испуњава захтеве из спецификације пре пуштања у рад. Кључни део у планирању је утврђивање програма одржавања и периодичног тестирања система у току рада. Временски интервали тестирања и одржавања утичу на вредност SIL-а. Последњи део фазе реализације је уградња система са одговарајућим SIL-ом, старт и уходавање, као и валидација (провера функционисања система у радним условима) и верификација (анализа и тестирање) перформанси.

Фаза експлоатације је најдужа у радном веку система заштите. Почиње пуштањем система у рад, а завршава се његовим заустављањем, демонтажом и заменом или реконструкцијом и обновом (слика 3.10).



Слика 3.10. Фаза експлоатације у животном циклусу система заштите према IEC 61511

Најважнији део у овој фази је одржавање и тестирање система заштите. Дobar режим тестирања и одржавања почиње добрим планирањем, а зависи и од доброг вођења документације о овим активностима. Престанком рада и демонтажом завршава се радни век система заштите.

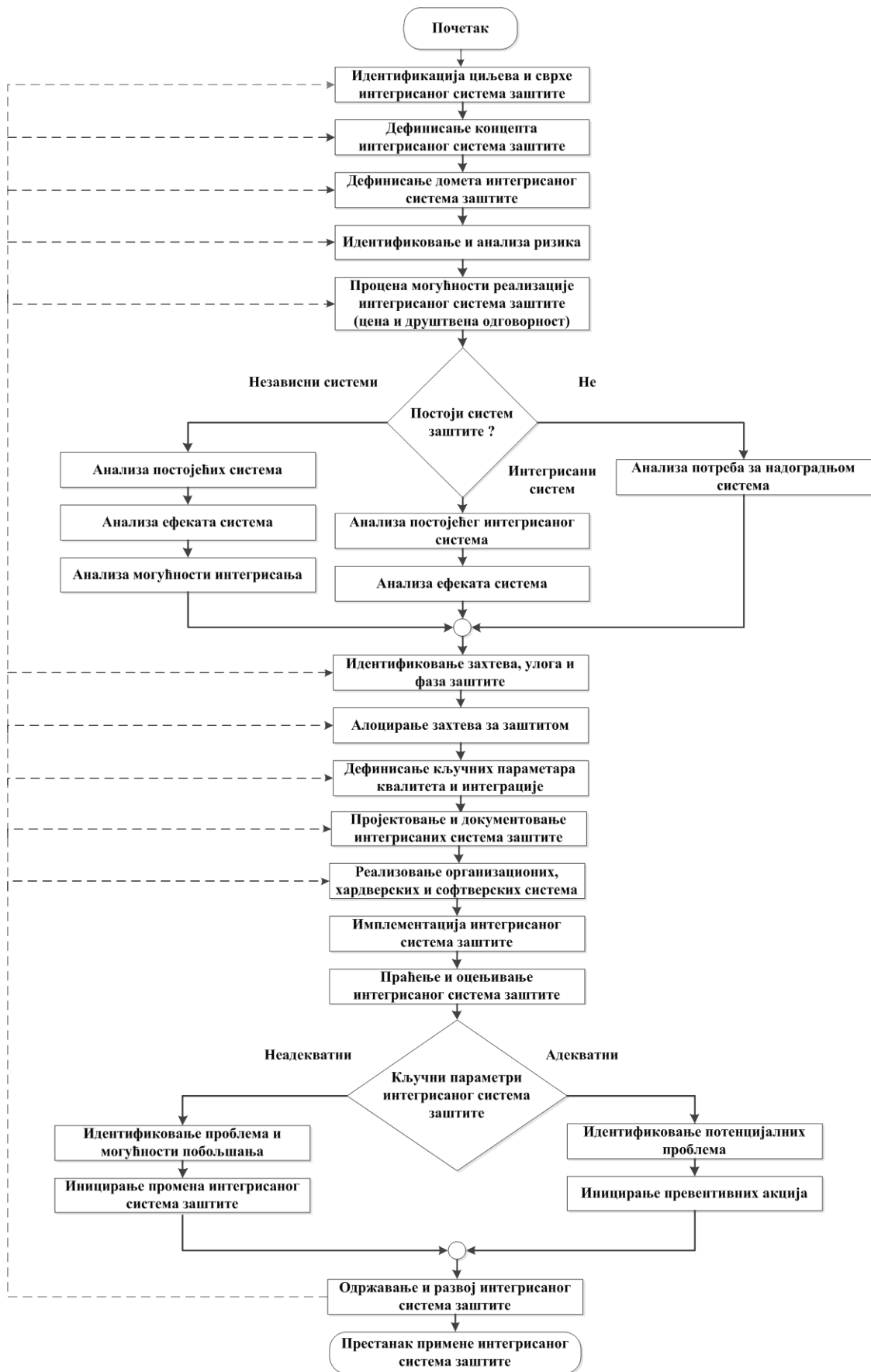
### 3.4.3. Модел животног циклуса интегрисаног система заштите

Претходно описани животни циклус заштите се односио на активне техничке системе заштите, али се његовом анализом може закључити да имплицитно обухвата и окружење у коме се тај систем налази, организациону структуру која дефинише радне активности, као и људе који обављају одређене делатности, макар у контексту функционисања и одржавања посматраног система заштите. Међутим, интегрисани систем заштите концептуално подразумева да се заштита не третира као независна целина, било њен техничко-технолошки или људско-организациони аспект, те се захтева нешто другачији приступ управљању заштитом, почевши од идентификације активности и дефинисања концепта система, његове имплементације или прилагођавања постојећег система, до оцењивања, одржавања и развоја таквог система. Животни циклус интегрисаног система заштите приказан је на слици 3.11.

Животни циклус интегрисаног система заштите почиње идентификовањем циљева и сврхе интегрисаног система заштите, као и дефинисањем концепата и домета система. Веома важан аспект је и идентификовање и анализа ризика, која заједно са ценом и друштвеном одговорношћу дефинише основу процене могућности реализације интегрисаног система.

Постојеће системе у организацији треба такође узети у разматрање. Њиховом анализом дефинишу се могућности интегрисања и разматрају ефекти увођења интегрисаног система. Уколико већ постоји интегрисани систем, анализирају се његове могућности и ефекти у циљу побољшања ефикасности и ефикасности система заштите.

На основу идентификованих захтева и могућности приступа се идентификовању улога, начина управљања интегрисаним системом заштите и фаза. Прецизно дефинисање улога, процеса и активности заштите доводи до једноставнијег реализовања организационих механизма и техничких система заштите, уз једноставније алоцирање захтева за заштитом у поједине радне процесе. При томе је значајно детаљно пројектовање и документовање интегрисаног система заштите, као и дефинисање кључних параметара квалитета система заштите и самог процеса интеграције.



Слика 3.11. Животни циклус интегрисаног система заштите

Након тога, приступа се имплементацији интегрисаног система заштите. Примена интегрисаног система заштите повезана је са адекватним праћењем и оцењивањем интегрисаног система заштите, уз идентификовање и оцену адекватности кључних параметара интегрисаног система заштите. Неадекватне вредности кључних параметара интегрисаног система заштите доводе до идентификовања проблема и могућих побољшања, односно иницирања промена интегрисаног система заштите.

Чак и онда када вредности кључних параметара интегрисаног система не излазе из дозвољених оквира, могуће је идентификовање потенцијалних проблема, као и иницирање превентивних активности како би се спречили нежељени догађаји. То представља основу за одржавање и развој интегрисаног система заштите, а на основу идентификованих неправилности, иницира се проширивање циљева и сврхе интегрисаног система заштите, дефинисање додатних концепата и проширивање домета система, процена могућности реализације тако модификованог система, додатна анализа ефеката постојећег система, идентификовање нових улога и/или фаза у систему заштите, увођење нових хардверских и софтверских решења, алоцирање нових захтева за заштитом и дефинисање додатних кључних параметара квалитета система заштите и квалитета интеграције система заштите.

### **3.5. УПРАВЉАЊЕ ЗАСНОВАНО НА ПЕРФОРМАНСАМА**

Да би организација дефинисала адекватно функционисање у контексту заштите, неопходно је да се оцени квалитет система заштите. То изискује идентификовање листе перформанси и индикатора које се односе на систем заштите. За управљање организацијом од великог је значаја праћење не само економске, већ и неекономске димензије и активности организације које се описују помоћу перформанси друштвене одговорности, што има утицај на дугорочну пословну успешност организације (*Крстић, Секулић, 2007*). Праћење ових аспеката посебно је релевантно код већих организација и мултинационалних компанија, које имају посебан интерес, јер те информације могу бити изузетно корисне за пословодство, власнике и друге екстерне учеснике у различитим организационим процесима. Побољшањем система заштите остварује се уштеда ресурса, односно ефикаснија употреба расположивих ресурса.

Одређене организације имају као циљ постизање најбољих могућих резултата у пословању. Оцењивање перформанси било ког пословног процеса, као и система заштите, може да помогне у постизању врхунских пословних резултата.



Оцењивање перформанси заштите је плански процес у коме организација пореди процесе и перформансе заштите са другима како би се омогућило смањивање броја удесних догађаја и болести у вези са радом, побољшала примена правних норми које се односе на заштиту и смањили непредвиђени трошкови, (HSE, 2000).

Оцењивање перформанси није само поређење података или копирање успешних акција конкуренције. То је континуално обучавање, учење о организационим предностима и недостацима у процесу заштите, а затим деловање на основу идентификованих недостатака. Главни циљ је постизање побољшања у систему заштите.

### **3.5.1. Концепти индикатора заштите**

Индикатор је мерљива/оперативна променљива која се може користити приликом описивања стања одређеног феномена или аспекта реалности (*Øien, 2001b; Hellevik, 1999; Gray and Wiedemann, 1999*).

Појам перформанси заштите обухвата скуп индикатора (показатеља) који квантитативно или квалитативно описују одређене учинке, доприносе, резултате који се остварују у систему заштите.

Индикатор перформанси заштите је средство за мерење промена нивоа заштите у току времена, као последица предузетих акција (*OECD, 2003*). Индикатори заштите могу да се повежу са одбрамбеним механизмима, као што су физичке баријере, или са функцијама заштите (*Holmberg et al., 1994*).

Фактор који утиче на ризик (енг. risk influencing factor) се дефинише као аспект (догађај/услов) система или активност који утичу на ниво ризика система или активности, (*Øien, 2001c*). Дата вредност фактора ризика (на пример, организациони фактор) не мора бити директно мерљива, већ се описује помоћу „оперативне променљиве“ која се може „мерити“, и која представља оно што се подразумева под индикатором (*Hellevik, 1999*). Индикатор није фактор ризика, већ његова мерљива репрезентација. Један фактор ризика може да се опише помоћу скупа индикатора.

Појам индикатор заштите и индикатор ризика се понекад користе као синоними, али постоје разлике. Уколико су фактори ризика укључени у модел ризика, као што је оцена ризика заснована на вероватноћи, тада је могуће на основу ограничења самог модела утврдити ефекте на ризик, описане селектованом метриком ризика, услед промена вредности индикатора за дати фактор ризика. Тада се говори о индикаторима ризика или индикаторима заснованим на ризику. Индикатор ризика је мерљива,

односно оперативна дефиниција фактора ризика, у којој се имплицитно истиче да је фактор ризика повезан са метриком ризика помоћу модела ризика, (*Øien, 2001c*).

Уколико не постоји модел ризика, могуће је идентификовати исте факторе и успоставити исте индикаторе. Међутим, ефекат на заштиту мора да буде повезан са другим мерама, као што су број несрећа или инцидената, или чисто квалитативно. Ови индикатори се називају индикаторима заштите, а одговарајући фактори се обично називају факторима који утичу на заштиту.

Индикатори ризика су развијени на основу приступа заснованог на разматрању ризика, док индикатори заштите треба да се развију применом различитих приступа, као што је приступ заснован на перформансама заштите, приступ заснован на инцидентима или приступ заснован на отпорности или „живавости“ (*HSE and CIA, 2006; Øien, 2001b, 2008; Øien et al., 2010*).

Заштита је мултидисциплинарног карактера, па постоји разлика у тумачењу одређених података. Због тога је неопходно пажљиво дефинисати концепт индикатора сваки пут када се они примењују, на основу сврхе индикатора и функција које могу да имају (*Grote, 2009; Harms-Ringdahl, 2009; Hopkins, 2009b*). *Kjellén (2009)* препоручује комбинацију података о перформансама заштите, процени ризика и експертском мишљењу. Изазов је могућност предвиђања перформанси заштите. Организације у којима се захтева висока поузданост (нуклеарне електране, хемијска постројења, надгледање авио саобраћаја, постројења за производњу нафте и гаса, и слично) захтевају праћење појединачних активности, што не обезбеђују довољно информација о појави нежељених догађаја, па уместо тога треба користити индикаторе (*Hopkins, 2009a*).

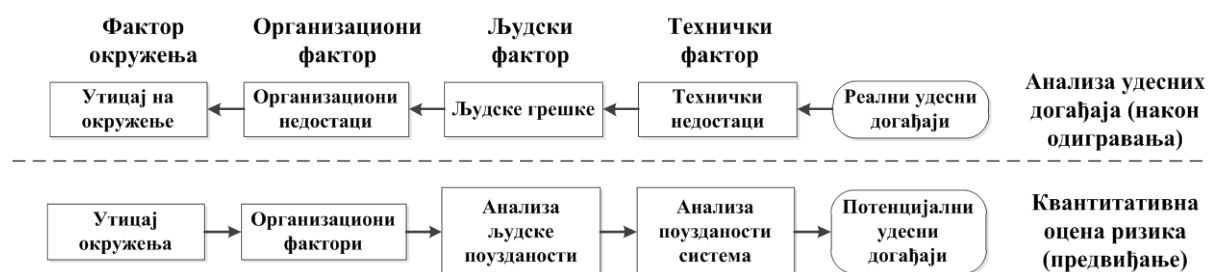
### **3.5.2. Структура фактора, перформанси и индикатора заштите**

Анализа проблема заштите се може обављати на основу емпиријских података и проналажења узрока акцидентата који су се већ догодили, или на основу предвиђања претпостављеног понашања појединаца и функционисања система сходно тренутном стању.

На основу (*Øien, 2010*) први аспект анализе се односи на развој механизма за претраживање узрока акцидентата, уз прелазак са техничких на људске и организационе узроке, односно разматрање узрочног ланца. Други аспект анализе је заснована на предиктивном и ретроспективном прилазу. Велика је разлика да ли се жели предвидети

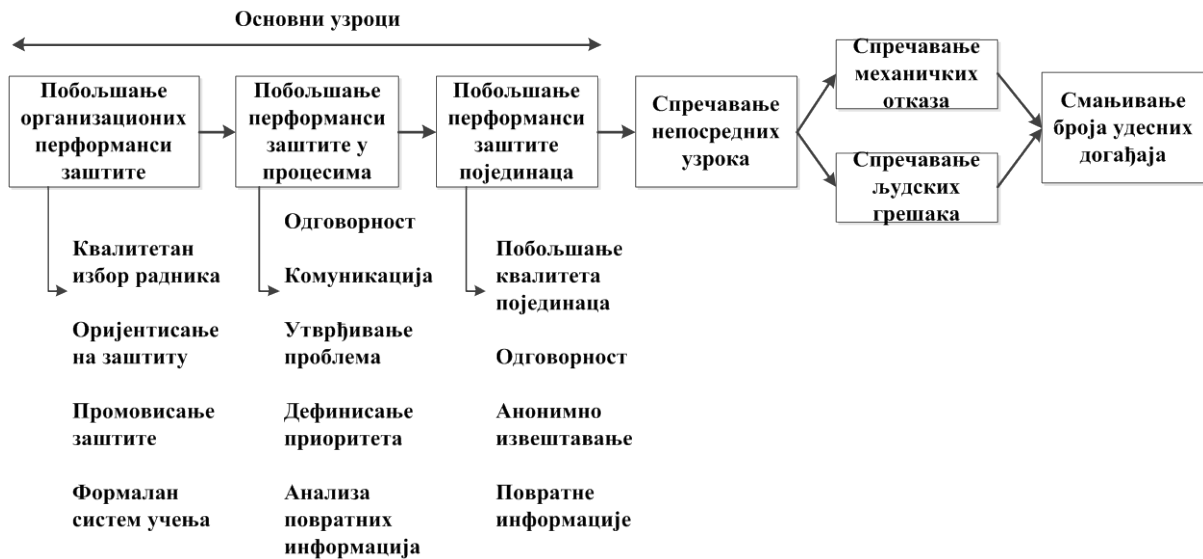
појава већег акцидента, укључујући и потенцијалне узроке, или се само жели успоставити веза након што се појави нежељени догађај. На основу тога, постоји техничко-људско-организациона анализа и предиктивна-ретроспективна анализа, а на основу тога је креиран концептуални модел на слици 3.12, уз додавање фактора окружења.

За потребе предвиђања ризика, односно за техничку експертизу удесних догађаја, тражи се узрок у техничким, људским и организационим факторима, као и у факторима окружења. Зависно од примене, значајно се разликују захтеви за индикаторима заштите. Зато је неопходно да се дефинише сврха индикатора, а затим и начин на који ће се примењивати.



Слика 3.12. *Анализа и предвиђање удесних догађаја (адаптирано према Øien, 2001a)*

Пример структуре фактора и индикатора перформанси заштите, према (Hopkins, 2009), приказан је на слици 3.13. Руководство и менаџмент запошљавају особље, обезбеђују средства организационе подршке за заштиту, промовишу заштиту и успостављају формалан систем учења. То је критично за побољшавање перформанси заштите у организацији. Тимови задужени за заштиту могу да идентификују значај развоја појединаца, одговорности, система анонимног обавештавања и повратних информација као основу за побољшање организационих перформанси заштите појединаца. Такође, тимови могу да идентификују одговорност, комуникацију, утврђивање проблема, дефинисање приоритета и анализу повратних информација као кључне чиниоце побољшања перформанси заштите процеса. Приказани фактори и индикатори заштите се сматрају значајним код кључних доносилаца одлука.



Слика 3.13. Структура фактора заштите (Hopkins, 2009)

Пре дефинисања скупа индикатора перформанси, неопходно је дефинисати радни оквир (методологију), како би се обезбедило да је укључено све оно што има утицај на заштиту у организацији. Основни фактори који утичу на квалитет заштите су технички, људски, организациони и фактори окружења. Перформансе и индикатори за сваку групу фактора бирају се у складу са конкретним околностима (тип индустрије, сложеност система, присуство специфичних опасности и слично). Избор индикатора зависи и од начина анализе проблема у вези са заштитом.

Ефективан и ефикасан систем заштите доприноси расту вредности људског и финансијског капитала организације, указујући на везу између конкурентности и заштите. Ова веза се јасно може одредити анализом индикатора перформанси заштите и индикатора учинка организације у вези са заштитом. Због тога се истраживању динамике и корелације фактора, перформанси и индикатора заштите мора посветити одговарајућа пажња. Истраживање је неопходно и у области развоја критеријума за одлучивање о учинку заштите на нивоу организације, као и у примени метода вишекритеријумске анализе, оптимизације и одлучивања на проблеме заштите.

### 3.5.3. Врсте индикатора перформанси заштите

Индикатори перформанси заштите дефинишу тренутно стање или промене нивоа заштите у току времена, које се јављају као резултат акција које су спроведене са циљем редуковања одговарајућих ризика.

Перформансе заштите се традиционално мере "након што се догоди несрећа" (нпр. број повреда, број акцидента, трошкови повреда). То значи да мора да се догоди акцидент, или да особа буде повређена, како би се одредила вредност индикатора заштите. Ови индикатори перформанси називају се „закасни“ индикатори (енг. lagging indicators). Савремени поступци мерења перформанси заштите подразумевају одређивање показатеља (индикатора) стања и догађаја који претходе непожељаном догађају, укључујући процену потенцијалног губитка. Они се повезују са активностима које су проактивне (превентивне), како би се идентификовале опасности и проценио, елиминисао, смањено или контролисао ризик (*Grabovsky et al., 2007*). Ови показатељи се називају „водећи“ индикатори (енг. leading indicators).

Организација за економску сарадњу и развој (енг. Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) дефинише две класе индикатора: индикаторе активности и индикаторе исхода (*OECD, 2003*). Индикатори активности су средства за мерење акција или услова који, у контексту превенције, приправности и одговора на акцидент, треба да одражавају текуће стање или воде ка побољшањима која се односе на заштиту (на пример, смањење ризика, побољшања у управљању заштитом и култури безбедности, спречавање ефеката акцидента). Индикатори исхода се користе за мерење резултата, ефеката или последица активности које су изведене у контексту програма који се односи на превенцију акцидента, приправност и одговор.

У (*Holmberg et al., 1994*), аутори дефинишу два основна типа индикатора: директне индикаторе и индиректне индикаторе. Директни индикатори садрже различите типове искуствених података. Индикатори који дају рано упозорење познати су као индиректни (или предиктивни) индикатори, који су мере перформанси функционалних јединица у организацији, као што су функционисање, одржавање, обука и инжењерска подршка.

Øien и Louvar такође разматрају два типа индикатора: индикаторе исхода и водеће - индикаторе активности (*Louvar, 2010, Øien, 2001*). Индикатори исхода су мера нежељених исхода, као што су повреде, акциденти, избегнуте несреће, број одступања процеса од дозвољених граница, ослобађање хемикалија, процедуре које нису

обављене исправно, откази компоненти, аларми високог нивоа, недостатак опреме, и друго. Ови индикатори морају да се прате, али не дају довољно информација корисних за спречавање појаве акцидента. Индикатори активности утврђују квалитет активности које спречавају појаву одређених нежељених исхода (*Kongskvik et al, 2010*). Ови индикатори су селектовани да би се омогућило благовремено упозоравање са циљем спречавања појава акцидента. Они укључују обуку, праћење и инспекције, провере механичког интегритета, благовремено одржавање, коришћење листи за проверу, редовне процедуре провере, процену ризика која се односи на анализу нивоа заштите, односно разматрање понашања запослених и лидера.

Према (*HSE, 2006*), постоје три типа индикатора. Прву групу чине они којима се описују активности заштите. Они су по природи индикатори активности. Неправилности изазване одређеном активношћу заштите описују се другом групом индикатора. Они описују активност заштите, али на основу разматрања њених исхода, и класификују се као индикатори последица. Индикатори којима се описују откази и грешке у систему заштите третирају се као индикатори исхода.

Систем се описује скупом индикатора. Индикатори морају да буду предиктивни и да описују стање система заштите. Индиректни индикатори се укључују како би се разматрале последице деградација на нивоу организације.

Димензије приликом карактерисања индикатора заштите могу да се односе на различите завршне исходе, као што је процесна заштита или безбедност и здравље на раду. Индикатори могу да описују и техничку заштиту, са становишта локације и перформанси; природу и карактеристике опасности; формалне системе заштите у организацији, односно њихове перформансе; неформалне проблеме са заштитом; проблеме у комуникацији и кооперацији (*OECD, 2003*); апсолутне вредности или трендове (промене перформанси у току времена); економске последице и вероватноћу појаве различитих нежељених исхода.

#### **3.5.4. Развој индикатора заштите**

Једна од стратегија за избегавање удесних догађаја је непрекидно праћење одговарајућих индикатора. Идентификовање сигнала или раних упозорења може да доведе до спречавања појаве нежељених догађаја (*Hopkins, 2000; Baker et al., 2007*). Препознавање раних упозорења коришћењем превентивних индикатора заштите доводи до смањења ризика од појаве великих несрећа.

Постоје бројне дискусије на тему коришћења и развоја индикатора заштите (*Hopkins, 2009a; HSE and CIA, 2006; Duijm et al., 2008; Grabowski et al., 2007; Saqib and Siddiqi, 2008; Körvers and Sonnemans, 2008*). Истраживања на пољу индикатора заштите/ризика односе се на претходна искуства (*Øien et al., 1998; Øien and Sklet, 2000; Øien, 2001a,b,c*), односно тренутно стање и развој у будућности (*Øien et al., 2010*). То представља корисну основу за дефинисање перспективе и развоја на овом пољу истраживања, која су започела почетком осамдесетих година прошлог века.

Недавне дискусије о индикаторима заштите односе се на разликовање индикатора активности и индикатора последица (*Hopkins, 2009a; Hale, 2009a*). Независно од чињенице да су индикатори активности посебно важни за рано упозоравање на појаву удесних догађаја, ова дебата демонстрира значај дефинисања теоријских основа и доброг знања досадашњег развоја.

Индикатори, између осталог, обезбеђују нумеричке вредности (број или однос) за описивање стања заштите (или нивоа ризика), а разматрају се њихове вредности у фиксним интервалима. Описују само одређене селектоване карактеристике система заштите или одређене ризике, како би се омогућило дефинисање скупа индикатора којима се може управљати. Не разматрају се остали типови раног упозоравања, као што су прегледи нивоа заштите, који обезбеђују информације о догађајима који су се јављали у другим организацијама, или континуални системи управљања, као што су системи за надгледање ризика или системи за управљање процесима. Међутим, информације из система за управљање процесима могу да се користе као основа за разматрање индикатора заштите.

Истраживање индикатора иницирано је потребом за „мерењем“ нивоа заштите или ризика. Основна функција мерења перформанси заштите је описивање нивоа заштите у организацији. Појам „индикатор“ у домену заштите је нов. Међутим, „мерење“ заштите је започето још осамдесетих година прошлог века, али су коришћени појмови као што су индекс, ниво или мера (*Tarrant, 1980*). Последњих година се обично употребљавају појмови као што су индикатор или кључни индикатор перформанси (*Kjellén, 2000; Mearns, 2009*).

Индустрија производње нуклеарне енергије, хемијска индустрија и постројења за производњу нафте су кључни разлози за развој индикатора заштите. У последње време се све више са разматрања исхода прелази на разматрање активности (*Wreathall et al., 1990*).

### 3.5.4.1. Развој организационих индикатора за потребе нуклеарних електрана

Нуклеарна регулаторна комисија у САД је иницирала рад на ефектима организационих фактора на заштиту, а као мере за оцењивање нивоа заштите су дефинисани индикатори. Уместо коришћења идентификованих техничких проблема или недостатака као узрочника нежељених догађаја, организациона перспектива приказује карактеристике којима се предвиђа успешност извршавања одређених активности или неправилност у раду (*Osborn et al., 1983*). Тако се прешло на предиктивну анализу удесних догађаја. Закључено је да су управљање и организација основни узроци великог броја проблема у индустрији, а да аналитичари веома ретко истичу мерљиве факторе који могу логички да се повежу са заштитом.

Значај и утицај организационе структуре на перформансе заштите описан је у (*Olson et al., 1985*). Закључено је да постројења са развијенијим механизмима координације, мањом вертикалном хијерархијом и већим бројем одељења имају боље перформансе заштите. Објективни индикатори перформанси заштите, приликом оцене организационих фактора, уведени су као одговор на немогућност директног мерења ефикасности система заштите. Тиме су уведени први индиректни индикатори перформанси заштите, названи потенцијалним индикаторима перформанси. Основне области интересовања су биле одржавање, управљање и администрирање, односно обука и искуство.

*Marcus et al. (1990)* дефинисали су индикаторе ефикасности организације, уз повезивање управљачких фактора и организационих фактора (окружење, контекст, управљање, пројектовање) са исходима (ефикасност, ефикасност, сагласност, квалитет и иновативност), као и са директним индикаторима перформанси система. Као потенцијалан проблем идентификовани су ограничени корисни ресурси и закаснило идентификовање и уклањање проблема. Такође, успостављена је јасна веза између профитабилности, цене и заштите, што представља критично ограничење система заштите.

Анализа вероватноће појаве нежељених догађаја описана је у *Voccio et al. (1989)*. Дефинисани су прецизнији индикатори перформанси система коришћењем расположивих података, у основи повезаних са перформансама заштите, што представља основу развоја индикатора заснованих на ризицима, уз разматрање функције тренда система заштите (енг. Safety System Function Trend, SSFT). Фокус је стављен на вероватноћу отказа компоненти, а не перформансе система, што указује на



потенцијално смањење перформанси система пре него што се идентификује губитак функције система.

*Wreathall et al. (1990)* су дефинисали преко 60 потенцијалних индикатора перформанси организације који се односе на заштиту. Вероватноћа се уводи помоћу модела ризика за валидацију израчунатих условних вероватноћа оштећења, слично као анализа секвенце акцидента. Концепт анализе и управљања у нуклеарним електранама (NOMAC) дефинише три дела – анализу организационих аспеката, прикупљање података (укључујући и квалитативно рангирање организационих и управљачких фактора) и анализу података. Анализирани су следећи фактори: операције запослених (у контролним собама и постројењима), одржавање (дијагностиковање и поправка компоненти, превентивно одржавање и тестови надзора), обука (оператора и тима за одржавање), обезбеђивање квалитета (извештавање о заштити и одржавању, чек листе), статус постројења, набавка и управљање, административна подршка. Применом NOMAC метода и вероватноће појаве ризика настаје WPAM (енг. Work Process Analysis Model) метод, заснован на анализи радног процеса, који квантификује утицај организационих фактора помоћу PRA (енг. Probabilistic risk assessment), уз примену SLIM–MAUD (енг. Success Likelihood Index Methodology – Multi Attribute Utility Decomposition Method) метода за интеграцију организационих и управљачких фактора (*Wu et al., 1991; Davoudian et al., 1994b; Embrey et al., 1984*).

Светска асоцијација нуклеарних оператора (енг. World Association of Nuclear Operators, WANO), дефинисала је индикаторе перформанси нуклеарних електрана, као скуп од 10 индикатора перформанси у области заштите, поузданости, ефикасности и личне безбедности (*Holmberg et al., 1994*). Између осталог, поред стандардних индикатора којима се описују опасности у нуклеарним постројењима (на пример, колективно излагање радијацији, индекс хемијских опасности) дефинисан је фактор способности организационе јединице, фактор непланираног губитка способности и учестаност губитка времена услед појаве удесног догађаја. Практични проблем за операторе је прикупљање најважнијих информација на основу велике количине података који се свакодневно добијају, као и веза података са заштитом и ризиком (*Øien and Sklet, 1999b*). WANO индикатори могу да се класификују као директни индикатори, односно индикатори исхода, који користе различите типове претходно прикупљених података, и индиректни или предиктивни индикатори, који мере перформансе функционалних

јединица у самој организацији, као што је функционисање, одржавање, обука и инжењерска подршка (*Holmberg et al., 1994*).

#### **3.5.4.2. Индикатори оперативне заштите**

Атрибути оперативне заштите дефинишу оно што је неопходно у постројењу да би се безбедно извршавале операције. Радна група у Међународној агенцији за атомску енергију (енг. International Atomic Energy Agency, IAEA) је развила скуп индикатора за надгледање система заштите у електранама и методологију за идентификовање индикатора перформанси заштите, као и индикатора економског карактера (*IAEA, 1999a*). Оперативна заштита је описана нормалним функционисањем, ниским ризиком и свесношћу појединаца о значају заштите (*IAEA, 1999a*). Зато су дефинисани директни и индиректни индикатори у циљу описивања безбедног функционисања постројења (оперативне перформансе; стање структура, система и компоненти; догађаји), са ниским ризиком (детерминистички приступ, дефинисање изазова; способност одговора на изазове; конфигурациони ризик) и са позитивним ставом о заштити (став о заштити заснован на процедурама, политикама, безбедности, људским перформансама и свесности; жеља за побољшањем на основу самооцељивања и анализе повратних информација из производних процеса).

Индикатори заштите приказују трендове и промене у току времена, како би се операторима омогућило да анализирају узроке промена. Методологија дефинише хијерархијску структуру, на чијем врху се налази оперативна заштита, испод које су атрибути оперативне заштите. На следећем нивоу хијерархије дефинише се 38 индикатора (седам главних индикатора који се користе приликом евалуације релевантних аспеката заштите и 14 стратешких индикатора). Идентификација нових индикатора заснована је на процени тренутног функционисања и идентификовању узрока нежељених догађаја који се јављају у току функционисања система.

Три основна фактора описују: дефиницију захтева о заштити и организацију (изјава о политици заштите, управљачке структуре и одговорности); планирање, управљање и подршка (планирање и процена ризика, управљање активностима заштите, обезбеђивање компетентности, комуникација и тимска подршка, супервизија); аудит, прегледање и повратне информације (мерење перформанси, надгледање и прегледање, корективне акције и побољшања).

*Morenõ et al. (1998)* дефинишу поступак за селектовање индикатора оперативне заштите у процесима хемијске индустрије, при чему су индикатори дефинисани на два нивоа: општи индикатори или индикатори високог нивоа (енг. *Paramount indicators, High Level Indicators – HLI*), и специфични индикатори или индикатори ниског нивоа (енг. *specific indicators, Low Level Indicators – LLI*). Опште индикаторе користи руководство као основу за одлучивање. Специфични индикатори представљају основу за успостављање пирамидалне структуре, а развијени су како би се добиле информације о специфичним условима који се односе на техничке системе, оперативне и организационе услове, а могу их користити одговорна лица или менаџмент на различитим нивоима управљања у организацији. Потпуни скуп индикатора оперативне заштите (енг. *operational safety indicators system, OSIS*) састоји се од великог броја специфичних индикатора и малог броја општих индикатора. Индикатори се дефинишу за шест различитих функционалних области: управљање, организација и администрација; пројектовање постројења и процеса; обука и квалификација; функционисање; одржавање; планирање одговора при појави нежељених догађаја. Идентификација нових индикатора се заснива на процени постојећег функционисања, односно идентификовању узрока нежељених догађаја који се јављају у току рада система.

### **3.5.4.3. Индикатори перформанси заштите**

За потребе статистичке анализе исхода заштите, одређени индикатори заштите се користе дуго времена. У (*OGP, 2013*), аутори описују перформансе заштите помоћу броја повреда са смртним исходом, укупног броја идентификованих повреда, укључујући и изгубљене радне дане и повреде које су захтевале медицински третман. Као кључни индикатори перформанси идентификован је број повреда са смртним исходом, удесних догађаја и инцидената, укупан број забележених повреда и број изгубљених радних дана услед повреда. Ови директни индикатори нису довољни да би се описали одређени организациони и људски аспекти заштите.

Да би се идентификовали рани сигнали упозорења о неадекватним условима који доводе до акцидената, као и због недефинисане корелације између WANO индикатора и заштите, уведени су специфични индикатори за нуклеарна постројења (*Holmberg et al., 1994*). Дефинисана су два типа индикатора: директни и индиректни. Ови

индикатори се користе за евалуацију заштите оценом нивоа перформанси, односно за евалуацију тренда перформанси.

Перформансе заштите пореде се са унапред дефинисаном вредношћу, док је евалуација тренда перформанси неопходна како би се идентификовало значајно повећање или смањење вредности индикатора. Узроци нежељених догађаја су откази компоненти, људске грешке и спољашњи утицаји. Дефинишу се баријере које спречавају да процес изађе из контроле и постане опасност по људе. Типови перформанси, дефинисани на основу детаљне стратегије у оквиру ових нивоа су:

- Управљање заштитом (Ниво 1. баријера заштите – култура безбедности, управљање квалитетом, конзервативно пројектовање): режими рекурентних грешака, индекс нивоа одржавања, бележење проблема у вези са заштитом;
- Управљање процесима (Ниво 2. баријера заштите – управљање процесима, детектовање отказа у систему): транзијентни индекс, средње време поправке компоненти, фактор губитка услед непланираних догађаја;
- Функције заштите (Ниво 3. баријера заштите – системи заштите): перформансе система заштите, чести откази, непланирано старење компоненти;
- Физичке баријере (Физичке баријере 1-4): индекс повезаности, индекс оштећења, индекс поузданости горива;
- Управљање удесним догађајима и одговор на удесни догађај.

Последњи нивои се не разматрају приликом дефинисања индикатора. Преко стотину индикатора заштите је прикупљено и развијено, а они су описани називом, функцијом, циљем, дефиницијом, неопходним подацима, начином коришћења и резултатима.

#### **3.5.4.4. Персонални индикатори заштите**

Персонални индикатори заштите дефинишу утицај појединаца на тренутно стање заштите у систему. Према *Hopkins (2009)*, један од три основна узрока смањења броја удесних догађаја је побољшање персоналне заштите, где су значајни индикатори проширење личног знања, квалитет, одговорност, анализа извештаја о стању заштите и повратних информација из процеса. Утицај људи на ниво заштите описује се помоћу компетентности, образовања, искуства, знања, лидерских способности, могућности преузимања ризика и решавања проблема (*Janačković et al., 2011*).

Значај људског фактора у процесној индустрији је потцењен, а обично није ни укључен приликом анализе процесне заштите. Људски фактор је посебно значајан у

управљачким системима, како би се постигле оптималне перформансе система управљања. Два различита приступа се примењују у циљу анализе људског утицаја на заштиту, при чему у првом запослени има централно место у систему, а у другом је ограничен утицај запосленог на примењене аутомарске системе заштите.

У (*Janačković et al., 2013*), аутори предлажу 15 индикатора којима се описује утицај запослених на заштиту. Као најзначајнији за путоградњу, селектовани су учестаност повреда, индекс персоналних вештина, степен слагања са радним процедурама, индекс задовољства запосленог и грешке и омашке. Остали индикатори описују примену опреме за личну заштиту на радном месту, степен иновативности запослених, индекс постизања резултата применом знања, индекс комуникационих вештина и вештина извештавања, индекс вероватноће успеха, степен инвестирања и успеха за људски фактор, ниво ефективности програма обуке, ниво тимског рада запослених, проценат запослених који имају захтеване вештине и проценат апсентизма.

#### **3.5.4.5. Технички индикатори заштите**

Технички индикатори заштите описују техничке и технолошке аспекте заштите. Они се добро описују помоћу функција заштите, аутоматских система заштите и компоненти заштите.

Релевантност са становишта заштите сваког потенцијалног индикатора може се оцењивати коришћењем специфичне анализе ризика постројења, како би се исказао њихов значај у односу на укупан ризик. Одговарајући узрочник нежељеног догађаја се детаљно разматра у циљу идентификовања проблема и утврђивања трендова. За описивање нивоа заштите користе се и директни и индиректни индикатори.

Постоји и такозвана пробабилистичка оцена заштите, односно оцена заштите заснована на вероватноћи појаве нежељених догађаја. Оваква анализа подразумева прикупљање велике количине информација које се односе на заштиту, уз истовремено квантификовање ризика. Може се примењивати за идентификовање услова и дефинисање индикатора за оно што је најзначајније за заштиту. Методологија за дефинисање пробабилистичких индикатора које је предложила *IAEA (1999b)*, у складу је са методологијом за идентификовање оперативних индикатора заштите.

Индикатори ризика засновани на пробабилистичкој оцени заштите се дефинишу на различитим нивоима. Индикатори нивоа 1 односе се на укупан ризик у постројењу. Циљани ризик зависи од домета анализе. Индикатори нивоа 2 односе се на могућност

појаве нежељених догађаја (на пример, учестаност иницирајућих догађаја), немогућност управљања инцидентима тако да се спречи појава нежељених догађаја (на пример, верованоћа отказа система заштите), као и немогућност управљања удесним догађајима (на пример, вероватноћа отказа система који би требали да спрече испуштање штетних материја у околину). Индикатори нивоа 2 се могу поделити у неколико поднивоа. Нерасположивост функције заштите се може даље анализирати, како би се разматрала могућност управљања нежељеним догађајима.

Анализа појаве нежељених догађаја описана је у (*Voccio et al., 1989*). Дефинисани су прецизни индикатори на основу расположивих података, превасходно о перформансама заштите, као основа за развој индикатора ризика, уз разматрање тренда система заштите. Фокус је стављен на вероватноћу отказа компоненти, а не перформансе система, указујући на потенцијално смањење перформанси система пре идентификовања губитка одређене функције система.

У (*Janačković et al., 2013*), аутори дефинишу трошкове, флексибилност, функционалност и одржавање као перформансе за описивање техничког фактора. Предложено је 11 индикатора, а као најзначајнији су селектовани број нивоа заштите, број отказа техничких система заштите, број акцидентата, учестаност одржавања и трошкови одржавања. Остали индикатори описују аспекте поузданости и расположивости (број контролисаних одступања параметара процеса, средње време између отказа и средње време између одржавања или оправки) и инфраструктурне трошкове.

#### **3.5.4.6. Разматрање индикатора у контексту отпорности**

Отпорност или „жилавост“ представља могућност препознавања, адаптирања и савладавања непредвиђених догађаја (*Woods, 2006*). Због тога индикатори којима се описује отпорност организације могу бити од користи у ситуацијама у којима постоји непотпуно знање о потенцијалним незгодама. Инжењерство отпорности, на основу чињенице да не постоји потпуно знање, инсистира да се анализе употпуне разматрањем непредвиђених догађаја. Ови индикатори дефинишу капацитет организације, односно непрекидну свесност и ефикасно управљање ресурсима у току нормалних и ванредних ситуација, како би се смањили ризици и ефекти нежељених догађаја.

Иницијално, у први план стављени су индикатори активности, и разматран је модел организационих акцидента (*EPRI, 2001; Reason, 1997*). Модел указује да небезбедне акције представљају последицу локалних фактора на радном месту, на које имају утицај организациони фактори. Организациони фактори који се узимају у разматрање описани су помоћу седам „тема“, и то: приврженост менаџера, свесност ситуације, припремљеност (спремност), флексибилност, култура безбедности, култура учења, транспарентност. Примери индикатора активности, на основу разматрања организационих фактора, приказани су у табели 3.2. Ови индикатори активности користе се за описивање карактеристика „отпорне“ организације, па самим тим се сматрају индикаторима у оквиру инжењерства „отпорности“ (*Wreathall, 2006*). Циљ је креирање поступка којим се омогућава организацијама да прате изворе организационе (системске) отпорности, уз коришћење индикатора којима се омогућава боље одлучивање у контексту односа између производње и заштите, како би организација могла да предвиди могућности за смањење ризика пре него што дође до отказа, нежељених догађаја или повреда.

У (*SINTEF, 2010*) развијен је нови метод за успостављање индикатора раног упозоравања. Значај фактора у систему управљања заштитом (седам „тема“) замењен је атрибутима „отпорне“ организације (осам фактора успеха). Resilience based Early Warning Indicators (REWI) методологија дефинише четири различита нивоа анализе: атрибути отпорности, фактори успеха, општа питања и индикатори. Методологија дефинише осам фактора успеха којима се описује отпорна организација. Основни атрибути и фактори успеха су: свесност постојања ризика (разумевање ризика, антиципација, пажња), капацитет одговора (одговорност укључујући импровизацију, робусност одговора, комплетност ресурса) и подршка (подршка одлучивању ради компромиса између заштите и продуктивности, редундантност за потребе заштите и компензације деградације ради одржавања критичних функција у систему). За сваки фактор успеха дефинисан је скуп општих питања и посебни индикатори раног упозоравања, али је могуће да се укључе додатни општи фактори и индикатори раног упозоравања за специјалне намене.

Табела 3.2. Пример индикатора активности (изведено на основу EPRI, 2001)

Тема	Проблем	Потенцијални индикатори
Култура безбедности	Толерантност на грешке	Број и трајање привремених модификација
Култура учења	Одговори на проблеме перформанси запослених	Однос корективних акција које укључују дисциплину/саветовање/обуку или промену процедуре/система
Приврженост менаџера	Лична приврженост	Број посебних састанака о перформансама запослених
Припремљеност (спремност)	Реакција	Однос непланираних и планираних радних налога
Свесност	Трагање за знањем	Процент проблема перформанси запослених који доводе до анализе узрока
Транспарентност	Трагање за знањем	Број запажања о управљању квалитетом
Флексибилност	Недовољна флексибилност	Време расположиво за унос података о нежењеним догађајима

*Woods (2006)* истиче да постоји могућност мерења потенцијала за спречавање појава нежељених догађаја, уместо саме „отпорности“. Најчешћи приступ фокусира се на организационе факторе и људске перформансе. Један од изазова је примена системског приступа, код кога се узимају у обзир интеракције између људи, организација и технологије са фокусом на интеграцију друштвено-техничког система као целине.

### 3.5.5. Избор индикатора заштите

Различите класификације индикатора заштите довеле су до њихове мање примене у пракси. Постоји разлика у њиховој грануларности, оријентацији и фокусу, али они егзистирају у истом домену (*Hale, 2009a, Hopkins, 2009b; Allford, 2009*). Индикатори активности су примарно фокусирани на појединце или мање организационе јединице. Индикатори последица су ширег домета. Усмерени су на организацију, и дефинишу потребу за преузимањем мера заштите. Ове разлике су значајне због начина прикупљања података, анализе и праћења различитих индиктора (*Bergh, 2003*).

Појмови „директан“ и „индиректан“ нису у потпуности идентични, али се могу користити у замену за „закасне“ и „водеће“ индикаторе. Појам „директан“ односи се на физички, односно технички део друштвено-техничког система, док се појам „индиректан“ односи на друштвени део система.

Индикатори последица се односе на реактивно надгледање и приказују ситуације у којима нису постигнути жељени нивои заштите, или када је заштита у потпуности изостала. Индикатори активности су форма активног надгледања, и примењују се као



основа за постизање жељених исхода заштите. Ови индикатори захтевају системске провере исправности извршавања активности. Информације о индикаторима треба да се користе приликом исправљања неправилности и недостатака у систему управљања заштитом, односно анализе перформанси у односу на све индикаторе у циљу редовног разматрања ефективности система управљања заштитом.

Индикатори активности и исхода се могу илустровати коришћењем Reason-овог модела акцидента („Swiss Cheese“ модел), у коме су акциденти описани као скупови недостатака („шупљина“) у слојевима одбране, баријерама и заштитним мерама (*Reason, 1997*). Индикатори активности идентификују недостатке у систему управљања ризиком, док индикатори последица откривају недостатке у баријерама као резултат инцидента. Инцидент који нема за последицу појаву оштећења или повреда, може да буде избегнути акцидент или узрочни догађај (*HSE and CIA, 2006*).

Значајно је коришћење и индикатора активности и индикатора последица, због „принципа двоструког обезбеђивања“ (*HSE and CIA, 2006*). Уколико перформансе нису довољно добре у односу на индикаторе активности, а постоје одговарајући индикатори последица, селектовани индикатори активности недовољно добро описују управљачке мере које доводе до жељеног исхода.

Индикатори активности дефинишу потребу за предвиђањем и деловањем пре појаве нежељеног догађаја (*Hale, 2009b*). Разликовање индикатора последица и индикатора активности у области процесне заштите није од великог значаја, али постоји потреба за мерењем ефективности управљачких система, како би се утврдиле мере којима се побољшава управљање процесном заштитом (*Hopkins, 2009b; Erikson, 2009*).

Неопходно је постојање индикатора којима ће се описивати стање система управљања заштитом и дефинисати узрочни догађаји који могу бити рана упозорења, који иницирају истрагу и акције (*Wreathall, 2009; Woods, 2009*). Обично таква упозорења нису праћена адекватним акцијама, зато што се узрочно-последичне везе могу идентификовати тек након појаве одређеног догађаја, па је зато неопходно добро познавање узрочно-последичних веза у систему. Резултати анализе акцидента и инцидента доводе до закључка да не постоји само један узрочник, већ одређени шаблони догађаја који доводе до негативних исхода по питању заштите (*Grote, 2009*). Бројни акциденти су се догађали, а да неке процесне променљиве нису имале недозвољене вредности које су биле много изван дефинисаног опсега вредности.

Индикатори треба да се разматрају тако да се акције предузимају у адекватном временском периоду, чиме се мотивишу запослени да извршавају неопходне акције (Hale, 2009a). Алтернатива је селектовање индикатора активности на основу одговарајућег модела заштите, који помаже при идентификовању шаблона који доводе до очекиваних и неочекиваних исхода (Wreathall, 2009; Woods, 2009).

У индустрији се индикатори заштите не примењују довољно. Индустрије у којима се јављају велике несреће могу имати велику корист од примене постојећих метода за развој индикатора ризика или заштите, али њихов развој зависи од контекста њихове примене и не постоји универзални модел или метод за развој индикатора. Методи за развој превентивних (проактивних) индикатора, као што су организациони индикатори, и даље нису прецизирани, јер постоји проблем недостатка података (управљачка дилема), па се примењују методи који се фокусирају на факторе и индикаторе који имају позитиван утицај. Индикатори којима се описује „отпорност“ или „жилавост“ организације могу да опишу ситуације у којима не постоји потпуно знање о потенцијалном проблему, јер је фокус на спремности организације на појаву догађаја који није унапред предвиђен.

Проблем примене индикатора огледа се у постојању различитих класификација и дефиниција, чији је узрок мултидисциплинарна природа заштите и различита тумачења претходних истраживања (Hopkins, 2009a). Теоријске разлике између група индикатора постоје, али се треба фокусирати пре свега на развој и примену индикатора који могу бити од користи да би се на време добиле информације о потенцијалној појави великих акцидентата у будућности, услед недостатака у систему заштите. Веома значајан је избор кључних индикатора, што се може обавити применом метода вишекритеријумске анализе на основу експертних оцена или постојећих искуствених података. На основу индикатора обавља се одлучивање које се односи на систем заштите, селектују мере или управља процесима.

## **4. МОДЕЛИ УПРАВЉАЊА ЗАШТИТОМ**

МОДЕЛИРАЊЕ КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМА

ТЕХНИКЕ МОДЕЛИРАЊА КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМА

МОДЕЛИРАЊЕ УПРАВЉАЊА ЗАШТИТОМ

МОДЕЛ ПРИХВАТЉИВИХ ПЕРФОРМАНСИ

МОДЕЛ ОРГАНИЗАЦИОНИХ АКЦИДЕНАТА

ХИБРИДНИ МОДЕЛИ

#### 4.1. МОДЕЛИРАЊЕ КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМА

Сложени друштвено-технички феномени описују се моделима. Модел као поједностављени приказ реалности укључује одређене елементе којима се описује реалност на прихватљиво поједностављени начин. Dwyer описује друштвено-технички систем помоћу генеричког модела, састављеног од компоненти и артефаката, друштвених структура и техничких елемената, који директно или индиректно утичу на постизање јединственог циља (Dwyer, 2011). Оно што дефинише целокупно функционисање система је његов циљ. Повратне информације омогућавају поређење тренутног функционисања система са предвиђеним, детектовање грешака и мањкавости у систему, а затим предвиђање мера за побољшавање перформанси система. Анализа утицаја у оквиру комплексног система захтева разматрање великог броја међусобно зависних елемената, који су динамичког карактера, хаотичног понашања, комплексни за тумачење, предвиђање и управљање, због постојања великог броја повратних петљи и информација из окружења.

Најважније претпоставке комплексних система су:

- Вишеструке зависности – појединачни елементи нису независни, већ постоје различити односи узајамне зависности и утицаја;
- Динамика система – описује динамику система, односно промене карактеристика система у току времена, као и динамичке ситуације у којима се налазе појединачни елементи система;
- Нелинеарне зависности – представљају доминантне зависности у комплексним системима;
- Повратни процеси - повратне петље дефинишу различите повратне информације које се генеришу у једним, а користе у другим процесима;
- Претпоставке о хаотичности и неизвесности – непотпуно познавање свих информација из садашњости онемогућава прецизно описивање будућих догађаја, а немогућност прецизног описивања појаве, било да се ради о будућим исходима или о одређеном броју исхода који имају нежељене последице или могу довести до значајних губитака дефинише ризик;
- Основа за учење - средство које омогућава да се на основу постојећих података, добију нове информације и знање о предметној области или објекту посматрања.

Систем заштите, као комплексан систем, такође се може описивати на овај начин. За описивање и моделирање комплексних система примењују се различите технике којима се разматрају поједини аспекти комплексних система.

#### **4.1.1. Технике моделирања комплексних система**

Комплексност друштвено-техничких система и различити аспекти посматрања довели су до развоја техника моделирања и алата за подршку моделирању реалних проблема у овим системима. Најчешће примењиване технике за моделирање комплексних система су:

- Анализа друштвених мрежа;
- Бајесове мреже;
- Моделирање конфигурација;
- Системска динамика;
- Теорија мрежа актера;
- Моделирање засновано на агентима;
- Фази логика.

Описи модела приказани су у даљем тексту.

##### **4.1.1.1. Анализа друштвених мрежа**

Метод анализе друштвених мрежа разматра друштвене везе и односе помоћу мреже која се састоји од чворова и веза (ивица, линкова или конекција). Чворови су појединачни актери у мрежама, везе су односи између појединачних актера. Резултујућа структура, која је облика графа, веома је сложена, са различитим везама између појединачних чворова. Друштвене мреже функционишу на више различитих нивоа, од породице и организације, до нација, играјући значајну улогу у постизању циљева појединаца. Свака мрежа појединаца се описује помоћу конекција, дистрибуција и сегментације (*Freeman, 2006*).

Конекције дефинишу везе између појединачних елемената система, а могу одређивати различитост елемената са којима се повезује елемент (хомофилија, асортативност), број елемената који се повезују (мултиплексност), обим у коме актери подједнако учествују у интеракцији (узајамно, реципрочно), потпуност релационих односа (мрежна блискост, транзитивност) и тенденцију да актери имају ближе односе са географски ближним особама (блискост).

Дистрибуције описују начин распоређивања елемената у самој мрежи и специфичне елементе мреже. Мост дефинише појединца који заузима значајно место у структури мреже, представљајући једину везу између два појединца или кластера у мрежи, као и најкраћу везу, или везу са најмањим ризиком за нежељено модификовање или губитак поруке. Дефинише се и значај, односно утицај одређеног елемента или групе у мрежи (централност), степен повезаности мреже (густина), минималан број чворова за повезивање појединачних актера (дистанца), одсуство веза између два дела мреже (структурни недостаци, структурне „шупљине“), и јачина мреже (узајамност), дефинисана као линеарна комбинација времена и реципрочности у односима.

Сегментација описује ниво удруживања појединаца у мање или веће групе, односно клике, „друштвене кругове“ и структурно кохезивне блокове, зависно од јачине веза између појединаца у групама. Ове везе описују се коефицијентом груписања (мера вероватноће да два појединца или групе означене чвором у мрежи међусобно сарађују) и кохезијом (степеном или нивоом у коме су актери непосредно повезани са другима кохезивним везама).

#### **4.1.1.2. Бајесове мреже**

Бајесове мреже су графички модели засновани на примени теорије вероватноће, који представљају скуп случајних променљивих и њихове међусобне условне зависности помоћу усмереног ацикличног графа (енг. directed acyclic graph, DAG). Оне представљају интуитивну технику за закључивање у условима неизвесности. Техника комбинује различите типове података, као и учење на основу узорковања, онда када су додатни подаци расположиви доносиоцу одлуке. Као главне предности овог модела истичу се могућност учења на основу пријема нових информација или промена вредности променљивих, систематско интегрисање различитих типова података и било ког већ постојећег знања, предвиђање могућег потенцијалног стања система у будућности на основу тренутно постојећег знања о систему и претпоставки о будућем функционисању, идентификовање узрочно-последичних веза и разумевање домена проблема и предвиђање ефеката интервенција на систем, јасно дефинисане претпоставке приликом дефинисања модела и јасно дефинисан поступак анализе осетљивости система.

Предност примене Бајесових мрежа је могућност одређивања *a priori* вероватноћа свих променљивих, као и закључивање о утицају на друге променљиве у систему.

Недостатак је сложен поступак иницијалног формулисања проблема у процесу моделирања, као и описивање података који зависе од повратних информација. Бајесова мрежа се примењује због могућности интегрисања различитих и разнородних података, као и синтезе друштвеног, економског, еколошког и техничког фактора, што је посебно важно код анализе комплексних система у контексту утицаја окружења и омогућавања одрживог развоја.

#### **4.1.1.3. Моделирање конфигурација**

Управљање и развој комплексних система је сложен задатак у коме постоје друштвени и технички аспекти било које промене, тако да се и промена конфигурације система мора узети у разматрање у циљу доношења најбоље одлуке. Моделирање конфигурација је техника и алат за подршку одлучивању при моделирању комплексних система (*Lock, 2004*). Због односа између техничких и осталих компонента, управљање је комплексно, а различити људски фактори утичу на променљивост и непредвидивост система. Приступ је специфичан због једноставности креирања и подстицања разумевања између различитих учесника у процесу. Приликом описивања конфигурације примењују се модели конфигурационих елемената (софтвер, хардвер, објекти, особе, документи, али и знање), који се групишу у хијерархијске и класификационе структуре, структурални модели за описивање места и улога појединачних конфигурационих елемената, процесни модели за описивање процеса у систему и токова, као и идентификовање циљева (акционих и информационих).

Кораци у анализи модела конфигурација су:

- Провера расположивих путања – омогућава утврђивање могућности испуњавања циља у расположивој конфигурацији система;
- Обезбеђивање више расположивих путања – идентификовање више путања у расположивој конфигурацији, за дати скуп циљева, како би се омогућило спречавање ситуације у којој проблем у једној компоненти система спречава испуњавање одређеног циља, чиме се постиже већа отпорност или „жилавост“ система на отказе или проблеме условљене појединачним елементима у конфигурацији, тако што се примени друга, алтернативна путања, односно алтернативно решавање проблема;

- Идентификовање шаблона путања које постоје у систему, чиме се идентификују потенцијални проблеми и делови система са великим степеном коришћења, као и редундантни елементи;
- Идентификовање алтернативних путања – идентификовање свих различитих путања у систему, које доводе до истог циља, али и идентификовање путања које се тренутно не користе, које су потенцијално брже, ефикасније или исплативије у процесу остваривања циља;

Међутим, главни недостатак метода је немогућност идентификовања вишеструких зависности у скупу података у динамичким ситуацијама. Домен примене моделирања конфигурација је пре свега развој софтвера, али се може примењивати и на друге комплексне системе.

#### **4.1.1.4. Системска динамика**

Системска динамика, заснована на системском приступу, представља методолошки приступ и скуп аналитичких алата за моделирање комплексних система (*Ford, 2009*). Ова техника је корисна за управљање процесима зато што укључује временску променљивост система и омогућава разматрање повратних информација, преноса и пријема информација у различитим деловима система. То је метод који описује динамику система помоћу квалитативног и квантитативног модела, повратних информација и политике управљања, а који се реализује симулацијом и оптимизацијом система као целине или појединачних делова система.

Елементи дијаграма системске динамике су повратне петље, акумулација токова у резерве (стокове) и временска кашњења. Први корак је дефинисање дијаграма узрочне петље, једноставне мапе система са свим основним компонентама и њиховим интеракцијама. Идентификовање интеракција и повратних петљи представља основу за дефинисање структуре система. Након дефинисања структуре, могуће је анализирање функционисања система, односно понашања система у току времена.

Ова техника моделирања примењује се у различитим областима које се односе на одрживост система, као и за разматрање сложених међусобно повезаних елемената система, њихових динамичких карактеристика, повратних информација и нелинеарних релација између елемената. Такође, укључује различите типове података у анализу, али се јавља проблем неизвесности, који није у потпуности обухваћен моделом, осим као



могућност да се одређене карактеристике система мењају у унапред дефинисаним границама.

#### **4.1.1.5. Теорија мрежа актера**

Теорија мрежа актера омогућава разумевање креирања мрежа повезаних интересних група и појединаца, када се систем састоји од великог броја комплексних хибридних елемената који укључују људе и уређаје (*Callon, 1986*). Омогућава дефинисање зависности између појединачних елемената; дефинисање нелинеарних релација између појединачних подсистема и елемената; разматрање људи, уређаја, њихових веза и међусобних односа; укључује претпоставке о хаотичном понашању система.

Приликом описивања сложених система, примењују се следећи основни концепти. Актер је било који елемент који заузима простор око себе, чинећи да други елементи зависе од њега, и преводићи њихове захтеве у сопствени језик. Примери актера су људи, групе, текстуални или графички прикази, као и технички елементи. Актери имају различите интересе, а циљ је да се они ускладе са потребама и циљевима система као целине. Када процес усклађивања успе, односно када постане ефикасан, успоставља се мрежа актера. Мрежа актера је хетерогена мрежа повезаних интереса, која се реализује помоћу транслација. Транслација је процес успостављања мреже актера, што се обавља у три основне фазе: идентификовање проблема, дефинисање интереса и укључивање. Актери у организацији и ван ње су укључени у процес транслације, са различитим карактеристикама и исходима.

Фокусирањем на појединачног актера, прецизно се дефинише целокупан процес. Дефинисање проблема је први део транслације, у коме основни актер дефинише идентитете и интересе осталих актера у складу са сопственим интересима, дефинишући себе као обавезну тачку пролаза. Обавезна тачка пролаза односи се на ситуацију у којој сви актери задовољавају све интересе посредством неког кључног или основног актера. Тај актер дефинише обавезну тачку пролаза кроз коју остали актери морају да прођу, на основу чега овај актер постаје незаменљив у систему. Дефинисање интереса је друга фаза транслације, која подразумева да други актери прихвате дефиницију кључног или основног актера. Укључивање је тренутак када други актер прихвата да постоје заједнички интереси са онима које дефинише кључни или фокални актер.

Поред тога, веома значајни су инскрипција и неревверзибилност. Инскрипција представља процес креирања техничких артефаката којима се штите интереси појединачних актера, док неревверзибилност приказује обим у коме није могуће вратити се у претходно стање у коме постоје алтернативе.

Овај модел подједнако третира људске и остале актере. Сви ентитети у мрежи се третирају на исти начин, што представља принцип генерализане симетрије. Све разлике се генеришу у мрежи релација. Главни недостатак је немогућност разликовања људи од осталих елемената система.

#### **4.1.1.6. Техника моделирања заснована на агентима**

Агент је ентитет или компонента која је аутономна, може да делује превентивно или реактивно, а има могућност друштвене интеракције (*Jennings, 2000*). Моделирање засновано на агентима има за циљ да моделира опште последице понашања и интеракција сваке компоненте или ентитета у систему. Приступ се примењује на моделирање сложених система уколико су задовољени следећи услови (*van Dam, 2009*):

- проблем је дистрибуираног карактера;
- подсистеми функционишу у променљивом окружењу, које је веома динамично;
- подсистеми интерагују на веома флексибилан начин на промене у другим подсистемима и у окружењу;
- подсистеми показују особине реактивности, превентивности, кооперативности и друштвености.

Сваки део система, људски, друштвени или технички, описује се као агент, који врши утицаје на друге делове система, али и трпи утицај других елемената у систему. Поступак анализе огледа се у идентификовању актера, веза између актера и њихових међусобних односа. Овакав приступ је погодан за креирање модела сложених друштвено-техничких система, укључујући и системе заштите, због могућности описивања различитих типова елемената, вишеструких зависности, као и третирања нелинеарних карактеристика система са одређеним степеном неизвесности. Главни недостатак је немогућност руковања вишеструким повратним процесима и немогућност ефикасне примене у описивању процеса учења на основу претходног искуства и претходно извршених акција.

#### 4.1.1.7. Техника заснована на фази бројевима

Фази логика, коју је дефинисао Lotfi Zadeh 1965. године, може успешно да се примени на комплексне системе (Zadeh, 1979). То је математички приступ који омогућава приказивање неизвесности и непрецизних информација. Теорија фази скупова (расплинутих, расутих скупова) представља прикладан апарат за моделирање процеса у којима постоји неизвесност, поливалентност, субјективност и неодређеност. Теорија фази скупова омогућава третирање оних недовољно прецизних појава које се не могу моделирати само стандардном теоријом вероватноће и интервалном математиком. Неодређеност се може дефинисати у следећим ситуацијама (према Čupić, Tummala, Suknović, 2003):

- Када су услови за описивање појма такви да не одређују јединствени резултат, што се описује теоријом вероватноће;
- Када није неопходно прецизно знати посматране вредности, примењује се интервална математика;
- Када неодређеност потиче услед непрецизности у комуникацији између појединаца (на пример, велика поузданост или висока температура), примењује се моделирање неодређености помоћу теорије фази скупова.

У теорији фази скупова није прецизно дефинисана граница која раздваја елементе који припадају одређеном скупу од елемената који не припадају скупу, односно није јасно дефинисана граница раздвајања. Фази скуп  $A$  представља скуп уређених парова  $\{X, \mu_A(x)\}$ , где је  $X$  коначан скуп  $X=x_1+\dots+x_n$ , где  $+$  представља унију, док је  $\mu_A(x)$  функција припадности која се дефинише на следећи начин:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{ако и само ако } x \text{ припада скупу } A \\ 0, & \text{ако и само ако } x \text{ не припада скупу } A \end{cases} \dots\dots\dots 4.1.$$

Функција припадности може да, осим крајњих граница, узме било коју другу вредност из сегмента  $[0,1]$ . Она описује степен припадности елемента  $x$  скупу  $A$ , при чему већа вредност  $\mu_A(x)$  значи већу истинитост тврђења да елемент  $x$  припада скупу  $A$ .

Висина фази скупа представља највећу вредност степена припадности. Нормализовани фази скуп има степен припадности бар једног свог елемента једнаку један.

Комплемент фази скупа  $A$  је фази скуп  $\tilde{A}$ , такав да је

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \dots\dots\dots 4.2.$$

Фази скуп је конвексан ако и само ако важи да је

$$\mu_A(\lambda \cdot x_1 + (1 - \lambda) \cdot x_2) \geq \mu_A(x_1) \wedge \mu_A(x_2) \dots \dots \dots 4.3.$$

за свако  $x_1, x_2 \in X$ , и за свако  $\lambda \in [0,1]$ .

Фази број је нормализован и конвексан фази скуп, који је дефинисан интервалом поверења  $[a_1, a_2]$  и степеном сигурности  $\alpha$ .

Овај метод омогућава описивање закључивања које је приближно, а не егзактно, али је ефикасан за описивање комплексних система, за које се не може дефинисати потпун и прецизан математички модел, а који, између осталог, садржи лингвистичку непрецизност описа стања и неодређеност.

## 4.2. МОДЕЛИРАЊЕ УПРАВЉАЊА ЗАШТИТОМ

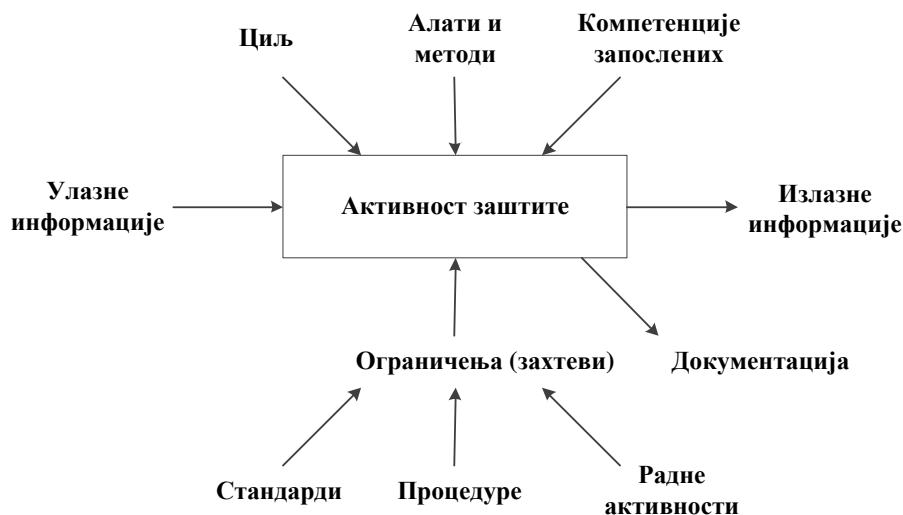
Сложени системи управљања заштитом, према (Knegtering, 2002) се могу описати на основу модела управљања активностима заштите и активностима животног циклуса заштите.

Пре приступања анализи активности заштите, значајно је дефинисати ниво на коме се активност одвија. На макро нивоу, управљање заштитом може се сматрати јединственом активношћу, док на микро нивоу разматрање одређене компоненте у систему заштите може да се сматра активношћу у вези са заштитом.

Успех активности заштите зависи од квалитета перформанси саме активности и квалитета улаза (на пример, неопходних информација), како би се добио жељени квалитет излаза.

### 4.2.1. Модел управљања активностима заштите

Модел управљања активностима заштите, SAM модел (енг. Safety-related Activity Management), примењује се за оцењивање и анализирање организационих процеса заштите (Knegtering, 2002). Он дефинише карактеристике и факторе утицаја на активности заштите (слика 4.1), које се могу повезати у процес заштите.



Слика 4.1. Карактеристике и фактори утицаја на активности заштите у SAM моделу

Приликом дефинисања активности заштите, неопходно је прецизно одредити:

- Улазне информације – све информације неопходне да би се успешно реализовала активност заштите (информације о стању радне и животне средине, опис радних процедура, документација о претходно извршеним акцијама и слично);
- Циљ активности заштите - основа је јасно дефинисање циљева, као и идентификовање везе између других циљева (на пример, економских) и циљева активности заштите; идентификовање јасних циљева поједностављује контролу, размену информација, као и проверу перформанси; најважније је јасно истаћи значај обављања активности заштите и последице (не)обављања активности;
- Алате и методе – неопходност примене пригодних алата и метода за анализу ситуације, процену тренутног стања у радној и животној средини или обављање неке друге превентивне или корективне акције, избора акције или анализе резултата претходних акција је очигледна; за сваку од наведених активности примењују се посебни алати и методи;
- Компетенције запослених – посебно су важне приликом реализовања активности у веома специфичним и сложеним системима, у којима се примењују посебни технички системи заштите и аутоматизована опрема; и поред аутоматизације, човек није искључен из циклуса управљања, па је важно образовање, стручност, обученост, као и ниво одговорности; компетенције и

одговорност запослених јасно се дефинишу организационим циљевима и дефиницијама радних задатака, тако да се спречи субјективност и неодређеност;

- Ограничења (захтеви) – дефинисана су законским процедурама, самим описима радних активности или стандардима; закони и стандарди дефинишу опште смернице, које се трансформишу у конкретна ограничења за одређену примену и у одређеном окружењу; процедуре и радне инструкције се прилагођавају конкретној примени и стању у окружењу, па се општи захтеви трансформишу у конкретна ограничења којих се придржавају запослени;
- Документацију – документовање процеса заштите и стања радне и животне средине је неопходно да би се успешно обављало управљање, оцењивање и одлучивање; неопходно је описивање свих обављених превентивних и/или корективних акција, како би се у будућности омогућило оцењивање успешности примењених мера и могло учити на основу претходних искустава; документација представља и доказ о примени одређене мере или обављању активности заштите; ово је посебно важно код појаве нежељених догађаја, а затим анализе тих догађаја;
- Излазне информације – представљају повратне информације за оптимизовање примењене активности заштите или повратне информације о претходно обављеним активностима, које служе као основа за извршавање следеће активности; уколико се ускладиште у бази података, третирају се као документација и доказ о успешности извршавања или слагања са стандардом.

Управљање активностима се обавља коришћењем стандардне контролне петље.

#### **4.2.2. Модел управљања активностима животног циклуса заштите**

Модел управљања активностима животног циклуса заштите, SLAM модел (енг. Safety Lifecycle Activities Management), примењује се за оцењивање и анализирање организационих процеса заштите обухваћених животним циклусом заштите (Knegtering, 2002). Модел дефинише основне концепте управљања активностима обухваћеним моделима животног циклуса заштите.

Својство животног циклуса заштите је постојање међусобно повезаних активности, а за сваку од њих неопходне су одговорне особе, различити извори информација и слично.

Поступак се обавља помоћу следећих корака:

- Повезивање излазних токова једне активности са улазним токовима друге активности – квалитет улазних информација за неку активност зависи од квалитета излазних активности повезане, претходне активности;
- Индентификовање извора информација – утврђивање свих потенцијалних извора информација, који се могу узети као улазни токови за посматрану активност;
- Дефинисање одговорних особа – одређивање особа које су укључене у обављање активности заштите; дефинишу се на основу организационог плана заштите, примена техничких система заштите захтева посебно обучено особље; за аспецифичне локалне ситуације захтева се и експертно оцењивање, појединачно или групно;
- Алокација граница фаза у животном циклусу – зависи од општих циљева, активности заштите, расположивог особља и извора информација; не мора да буде стриктно дефинисано правилима, већ постојећим ограничењима и расположивим ресурсима заштите; условљено је и редоследом, бројем, распоредом и временском условљеношћу појединачних активности.

Модел управљања активностима животног циклуса заштите повезан је и са начином организовања система заштите. Односи се на модел животног циклуса заштите, који представља неку врсту комбинације верикалног и хоризонталног модела организовања активности заштите приказаног на слици 3.3.

#### **4.2.3. Модел прихватљивих перформанси**

Систем је безбедан уколико се сви његови параметри, са становишта заштите, налазе у дозвољеним границама (*Rasmussen, 1997*). За систем заштите се, такође, дефинишу границе успешног функционисања, а уколико не функционише у оквиру тих граница угрожава се његов опстанак или стабилност, али и безбедност штићеног система.

У сваком радном окружењу, понашање запослених је моделирано циљевима и ограничењима која морају да поштују актери, како би се постигли жељени резултати. Границе могу бити економске или физичке природе, а постоје и границе везане за радно оптерећење којем су подвргнути оператери.

Радни простор у коме запослени обављају своје активности ограничен је административним, функционалним и безбедносним мерама, које дефинишу границе прихватљивости и постигнутих перформанси. Динамичка природа активности описана

је променама стратегија, као и начина њиховог реализовања, што је упоређено са Брауновим кретањем молекула гаса. Процес адаптације подразумева прилагођавање оптерећења запослених у контексту напора, постигнутих резултата и трошкова, и условљава миграцију система ка границама прихватљивог функционисања. Прелазак ових граница подразумева иницирање појаве грешке, инцидента или удесног догађаја. Зато анализа система подразумева идентификовање механизма којима се омогућава безбедно понашање и функционисање у оквиру задатих критеријума ефикасности и ефикасности, одсуство људских грешака и спречавање појава нежељених догађаја.

Праћење перформанси заштите, као и одржавање система у дозвољеним границама су карактеристике овог модела укључене у савремени приступ управљања заштитом (слика 4.2), јер се удесни догађаји иницирају миграцијом система до граница безбедности система, а не случајном појавом отказа и људским грешкама. Зато се предлаже превентивни приступ управљању системом заштите и дефинисање нормалних активности које обављају актери, са циљем безбедног извршавања радних задатака.



Слика 4.2. Модел прихватљивих перформанси (Rasmussen, 1997)



Спречавање нежељених догађаја обавља се посредством баријера, али постоје и нежељени ефекти иницирани неправилностима у другим подсистемима.

#### **4.2.4. Модели организационих акцидентата**

Организациони акцидент је дефинисан као супротност удесним догађајима који се односе на појединце (*Reason, 1997*). Организациони акциденти су веома ретки, али са много значајнијим нежељеним последицама и ефектима, који се јављају због сложености примењених технологија (нпр. у нуклеарним електранама, хемијској индустрији, преради нафте, авијацији, железници и слично).

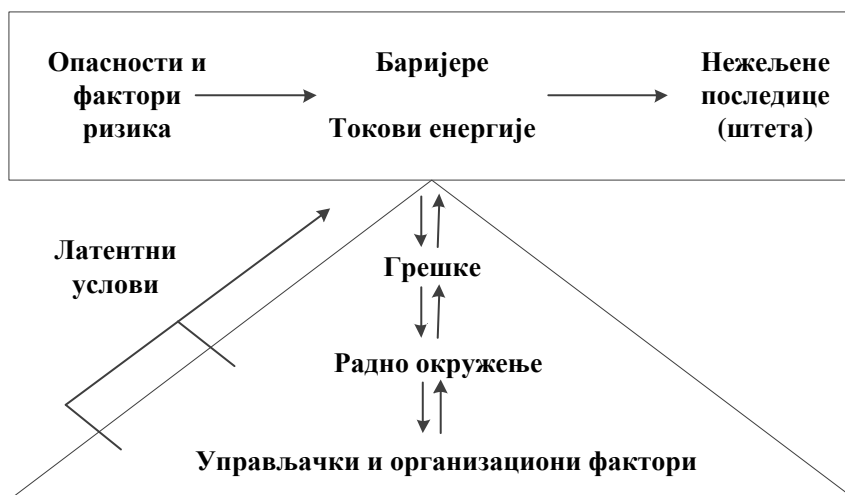
Модели организационих акцидентата подразумевају концепт системског приступа заштити и интегрисаном систему заштите. Применом системског приступа, мултидисциплинарно и интердисциплинарно окружење интегрисаног система заштите може се третирати у глобалној и јединственој форми, а не независним посматрањем одређених аспеката, њиховим издвајањем из интердисциплинарног окружења. То омогућава другачији приступ управљању интергисаним системима заштите.

У контексту идеја везаних за организационе акциденте, систем за управљање интегрисаним системима заштите мора да садржи поступке идентификације нежељених догађаја, фактора окружења и латентних услова који могу довести до појаве нежељених догађаја, као и да на одговарајући начин анализира и третира људске грешке.

##### **4.2.4.1. Основни модел организационих акцидентата**

Организациони акцидент у овом моделу приказан је као појава која укључује неконтролисано кретање одређене врсте енергије, која доводи до губитака материјалне природе, нарушавања стања радне и животне средине, људских жртава и повреда или било којих других губитака у систему.

Енергетским токовима у систему управља се баријерама. У случају акцидента оне не могу да спрече одређене токове енергије. Узрок појаве нежељених енергетских токова су грешке проистекле у радном окружењу, а које су последица неадекватних управљачких и организационих фактора (слика 4.3).



Слика 4.3 Модел организационог акцидента (Reason, 1997)

Приликом разматрања радног окружења, узимају се у обзир физичке карактеристике и технички фактори радног окружења. Управљачки и организациони фактори утичу на организацију посла, превентивних и проактивних мера. Поред тога, постоје и латентни услови који изазивају нежељене последице без активних грешака. Превенција спречава или минимизује латентне услове за појаву грешака.

Суштинска идеја је да не треба разматрати само људске грешке, изазване активностима запослених, јер ће такве грешке увек постојати, већ је неопходно спречавати услове који у систему повећавају вероватноћу појаве грешака.

#### 4.2.4.2. Психо-организациони модел акцидента

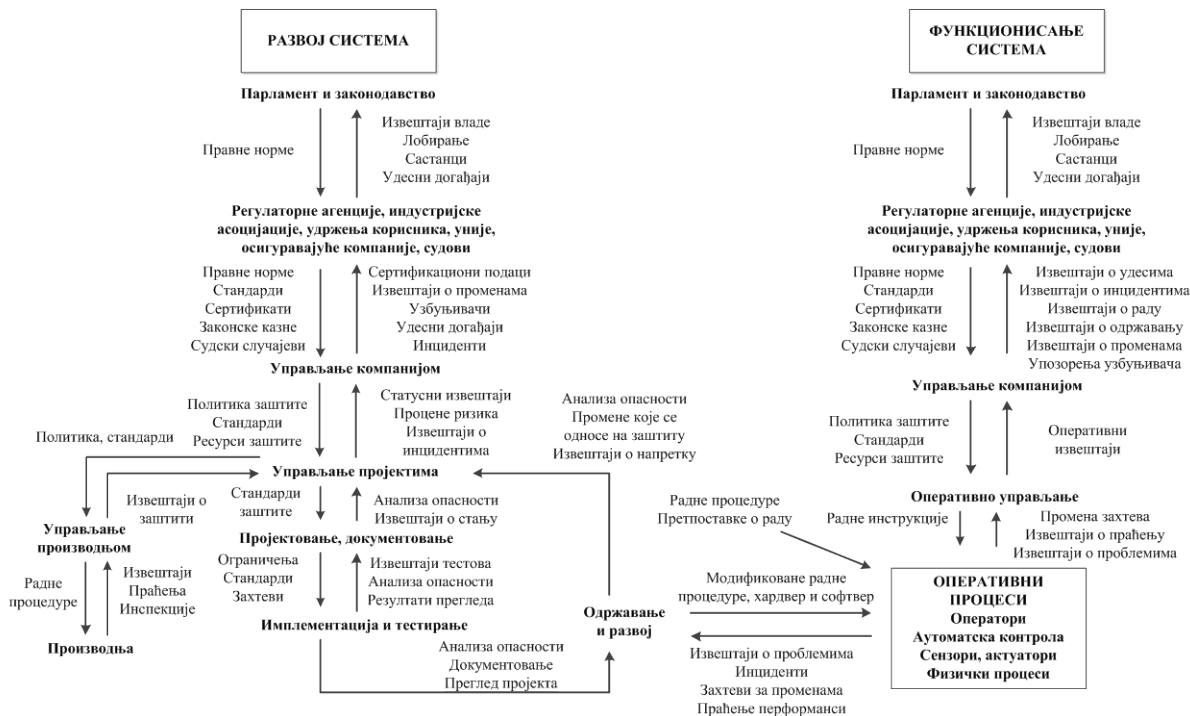
Психо-организациони аспект модела акцидента разматран је у (Lorry, 1999). Узроци настанка акцидента су дефинисани на основу низа одлука или њиховог одсуства, контекста и окружења у коме се развија систем, промене кључних фактора у организацији, као и догађаја који утичу на функционисање друштвено-техничког система и доводе до нежељене ситуације. Развијање стања у коме се може појавити нежељени догађај може да траје доста дуго.

Фазе развоја удесних догађаја су: инкубациони период, у коме се јавља споро или нагло погоршање система, променом одређених карактеристика система; фаза удесног догађаја, која је одређена специфичним догађајем; пост-удесна фаза, у којој се манифестују друштвене и институционалне последице појаве нежељеног догађаја, зависно од озбиљности последица удесног догађаја (Lorry, 1999). Удесни догађај је организационог карактера, односно производ друштвено-техничких аспеката

организације, а не само резултат нежељене комбинације грешака појединаца и услова у окружењу, људских грешака и недостатака система заштите.

#### 4.2.4.3. Хијерархијски модел акцидента

Друштвено-технички системи укључени у управљање ризиком третирају се као целине, са свим деловима и хијерархијским нивоима, од појединачних запослених до државних институција које дефинишу законе и правилнике. Управљање ризицима и анализа удесних догађаја заснована је на вертикалној анализи узрока појаве удесних догађаја и системско-теоријским моделима и процесима удесних догађаја (*Rasmussen, 1997; Leveson, 2004*). Идентификују се узроци појаве нежељених догађаја и губитака услед рада под оптерећењем и притиском, као и параметри организације и карактеристике појединаца у организацијама које доводе до тога (*Svedung, Rasmussen, 2002*). Због хијерархијске структуре система управљања, постоји интеракција између доносилаца одлука на свим нивоима, како у друштву, тако и у организацији, у контексту улоге у процесу управљања ризиком. Детаљан приказ хијерархијског управљања дат је у (*Leveson, 2011*), и приказан на слици 4.4. То је скуп теоријских модела и процеса системских акцидента (Systems-Theoretic Accident Models and Processes - STAMP).



Слика 4.4. Општа форма хијерархијског управљања системом заштите у STAMP моделу (*Leveson, 2011*)

Дефинишу се управљачке петље приликом дефинисања ограничења, у току обављања активности, као и приликом анализе повратних информација. Специфичност овог модела је идентификовање актера укључених у нежељени догађај, креирање мапе управљања и размене информација између хијерахијских нивоа. У моделу се издвајају процес креирања система и процес његовог функционисања.

Према (*Rasmussen, Svedung, 2000*), структура мапе акцидената (AcciMap) укључује следеће актере:

- политика, влада, буџет – дефинишу предуслове функционисања система;
- регулаторна и асоцијативна тела – одређују прецизније предуслове функционисања;
- локална влада и менаџер организације – одређују приоритете и редоследе обављања активности;
- техничко и оперативно управљање – дефинишу се функције и планови, доносе одлуке и утиче на физичке процесе и активности појединачних актера;
- физички процес и активности појединачних актера – доносе одлуке нижег нивоа или извршавају акције са непосредним последицама на радну и животну средину, као и посредним последицама на контролу (губитак контроле) или управљање системом или неким његовим кључним делом;
- опрема и окружење – манифестују се последице или појављују предуслови за појаву нежељених догађаја.

Примена овог модела захтева напуштање традиционалног приступа примењеног у управљању заштитом, који се фокусира на структурној декомпозицији система и анализи задатака на основу секвенце задатака и идентификованих одступања, чији се узроци најчешће третирају као људске грешке. Уместо тога, примењује се модел управљања механизмима људског понашања на основу дефинисаних ограничења у радном окружењу, ограничења дефинисаних прихватљивим перформансама система и субјективних критеријума за оцењивање квалитета система који се примењују у процесу побољшања стања радне и животне средине (*Rasmussen, 1997*). Пошто су промене и адаптације непрекидне у систему, људска грешка се третира као неуспешан покушај адаптације, који није довео до жељеног резултата, али чији су резултати третирани као улазне информације за дијагностиковање тренутног стања система и одлучивање о даљим превентивним или корективним акцијама у систему.

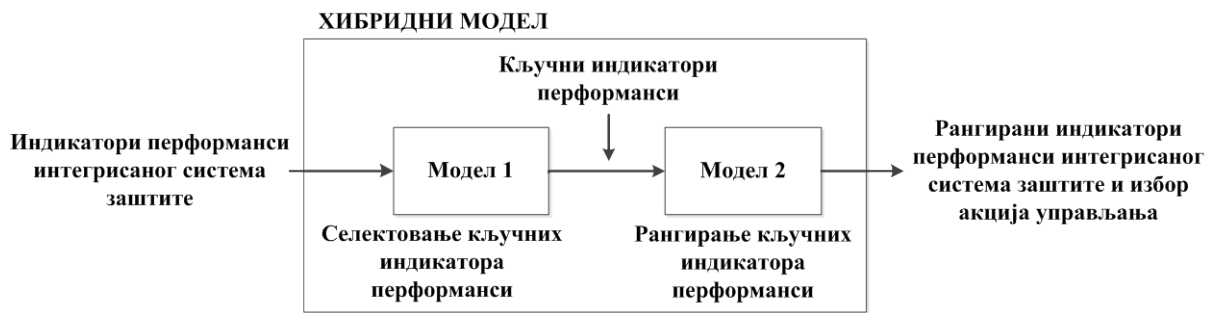
Као узроци нежељених догађаја идентификују се неадекватна ограничења за имплементирање управљачких акција (неидентификоване опасности и штетности, неадекватност управљачких акција за идентификоване опасности, изостављање ограничења, неконзистентност процеса, неадекватност координације и комуникације између заинтересованих страна), неодговарајуће извршавање управљачких акција (временска, просторна или комуникациона ограничења), губитак или неадекватност повратних информација.

#### **4.2.5. Хибридни модели**

Постоји проблем ефикасног избора метода за анализу комплексних система. Сложеност проблема који се описује, динамичке и статичке карактеристике, не поједностављују метод избора најбољег или најефективнијег решења. Слабости појединих метода за описивање динамике система, као и метода вишекритеријумске анализе условиле су комбиновану примену више метода.

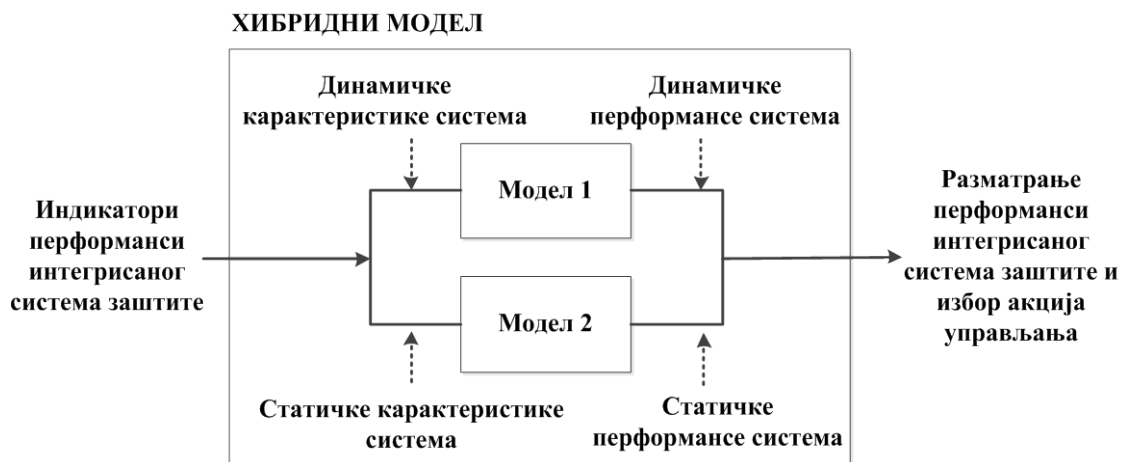
Хибридни модел представља појединостављени опис сложеног система у облику комбинације два или више модела, којима се обухватају различити циљеви и димензије. Према (*Савић, Станковић, 2012*), хибридни модел је интегрисани модел заснован на динамичкој интеракцији различитих техника моделирања. Ови модели се могу примењивати у истраживању понашања људи и техничких система у оквиру анализе безбедности и ризика комплексних друштвено-техничких система.

Постоје различити приступи примени хибридних модела. Када се ради о методима вишекритеријумске анализе, методи се најчешће примењују секвенцијално, као што је приказано на слици 4.5. На основу описа и захтева, дефинишу се индикатори перформанси интегрисаног система заштите. Применом првог, најчешће једноставнијег метода (нпр. аналитичког хијерархијског процеса), селекују се кључни индикатори перформанси, чији се значај накнадно анализира неким другим, комплекснијим методом. Резултат су ранжирани индикатори перформанси интегрисаног система заштите.



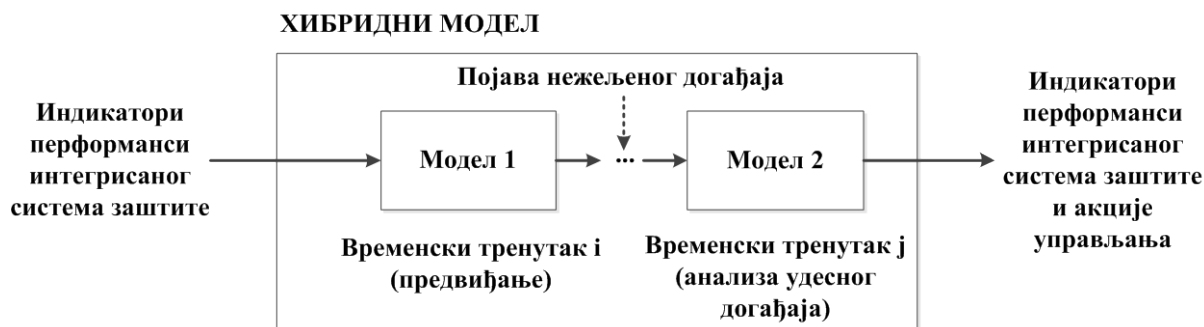
Слика 4.5. Секвенцијална примена модела

Постоји могућност примене различитих модела и паралелно, што је приказано на слици 4.6. У тој ситуацији, један модел се примењује на разматрање одређених, рецимо динамичких карактеристика система заштите, док се други модел истовремено примењује за потребе анализе статичких карактеристика интегрисаног система заштите.



Слика 4.6. Паралелна примена модела

Модели могу да се примењују и секвенцијално, али тако да постоји временска дистанца између њихове примене, што је приказано на слици 4.7. Први модел се примењује у циљу анализе будућег функционисања система заштите у одговору на појаву нежељених догађаја или акцидентата (превентивно разматрање), а други након појаве нежељеног догађаја (ретроспективно разматрање).



Слика 4.7. Секвенцијална примена модела, уз временску дистанцу примене

Разматрање оба модела и резултати пре и након појаве удесног догађаја могу бити од користи за идентификовање и уклањање узрока, као и за спречавање појаве удесних догађаја са сличним или опаснијим последицама по имовину, запослене или окружење.

#### 4.2.5.1. Хибридни модел заснован на дијаграму секвенци догађаја и стаблу отказа

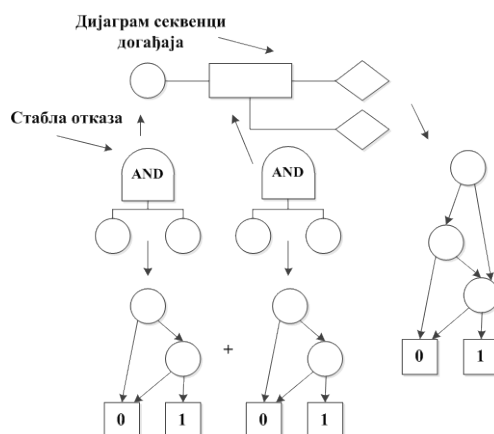
Приликом процене ризика у техничким системима примењују се различити неформални и формални модели. Неформални модели описују функционисање система применом табличних метода и дескриптивне логике. Формални модели примењују логичке структуре за описивање система и процену ризика засновану на вероватноћи појаве нежељених догађаја. Најпознатији методи су дијаграм секвенци догађаја, стабла догађаја и стабла отказа.

Дијаграми секвенци догађаја се користе за дефинисање контекста у коме се различити узрочни фактори могу сматрати потенцијалним извором акцидента, извором ризика или узроком проблема везаног за заштиту. Примењују се квалитативно, за идентификовање опасности и сценарија ризика, као и квантитативно, за одређивање вероватноћа сценарија ризика (*Stamatelatos, 2002*).

Сродни методи који се примењују за анализу ризика и безбедности комплексних система су стабла догађаја и стабла одлучивања, којима се идентификују могући исходи на основу иницијалног догађаја. У анализи ризика, иницијални догађај у стаблу догађаја је отказ компоненте или дела система. Стабло отказа описује догађаје који иницирају појаву других догађаја применом логичких односа (AND, OR и др.), а примењује се за квантитативну и квалитативну анализу ризика и поузданости система. Хибридни модел генерише се на основу дијаграма секвенци догађаја за основно описивање функционисања система у току појаве нежељених догађаја, док се детаљи

описују помоћу стабала отказа. Овакав модел се може свести на бинарни дијаграм одлучивања.

На слици 4.8 приказан је хибридни модел заснован на дијаграму секвенци догађаја и стаблу отказа, који се пресликава у бинарни дијаграм одлучивања (Groen, et al., 2002). Појединачни делови дијаграма секвенци догађаја могу се повезати са стабалима отказа, а свако стабло отказа се представља помоћу бинарног стабла одлучивања.



Слика 4.8. Хибридни модел заснован на дијаграму секвенци догађаја и стаблу отказа, преликан у бинарно стабло одлучивања (Groen et al., 2002)

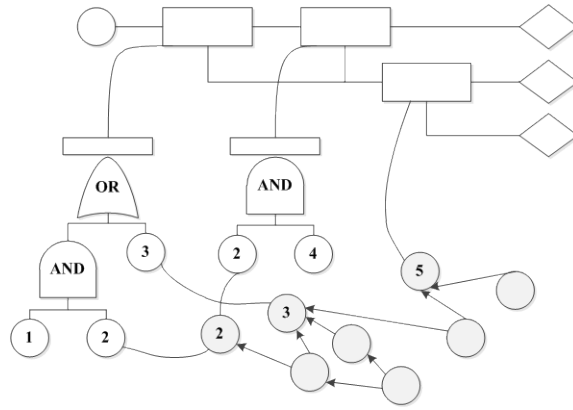
Повезивањем појединачних бинарних стабала одлучивања се формира јединствени модел са чворовима који дефинишу вероватноће секвенци догађаја.

#### 4.2.5.2. Хибридна каузална логика

Бајесове мреже, због своје пробабилистичке природе, могу се математички повезати са моделима техничких система заснованим на стаблима догађаја или стаблима отказа. Ова техника је позната као хибридна каузална логика (Mosleh et al., 2005). На слици 4.9 приказана је веза између стабла догађаја и стабла отказа са Бајесовим мрежама.

На основу математичких релација између регресионих техника и Бајесових мрежа, може се квантитатвно изражавати друштвени аспект разматрања ризика у организацији. Бајесове мреже омогућавају опис субјективних експертских мишљења. Помоћу квалитативно-квантитативних Бајесових мрежа омогућава се повезивање две скале на граници између квалитативног и квантитативног дела модела одлучивања (Wang, 2007).





Слика 4.9. Хибридни модел заснован на повезивању Бајесових мрежа са стаблима догађаја и стаблима отказа (Mosleh et al., 2005)

#### 4.2.5.3. Хибридна техника за моделирање организационих ризика

Хибридна техника за моделирање организационих ризика дефинише различите димензије и циљеве у јединственом, интегрисаном окружењу за моделирање применом технике за анализу ризика техничких система (дијаграм секвенце догађаја и стабло отказа), стандардне Бајесове мреже или квалитативно-квантитативне Бајесове мреже (за моделирање процеса, друштвених ефеката, карактеристика конфигурације система), као и дијаграме акумулација и токова за описивање системске динамике (Mohaghegh-Ahmadabadi, 2007). Овај хибридни модел приказан је на слици 4.10.



4.10. Окружење за хибридно моделирање организационих ризика (Mohaghegh-Ahmadabadi, 2007)

Хибридна каузална логика дефинише везу између дијаграма секвенци догађаја или стабала отказа и Бајесових мрежа. Проширена је тако да омогућава укључивање организационог окружења физичког система. Дијаграм секвенци догађаја дефинише могуће ризике и сценарије удесних догађаја. Догађаји и услови се описују помоћу стабала отказа и Бајесових мрежа, који представљају други и трећи слој модела.

Директни узроци отказа система или људске грешке третирају се као главни или иницирајући догађаји у дијаграму секвенци догађаја. Непосредни узроци, хардверске грешке, латентне људске грешке, као и организациони ефекти се описују доњим слојевима, стаблима отказа и Бајесовим мрежама.

Примена бајесовског приступа као технике за комбиновање субјективних и објективних података омогућава смањивање неизвесности, уз комбиновање оба типа информација.

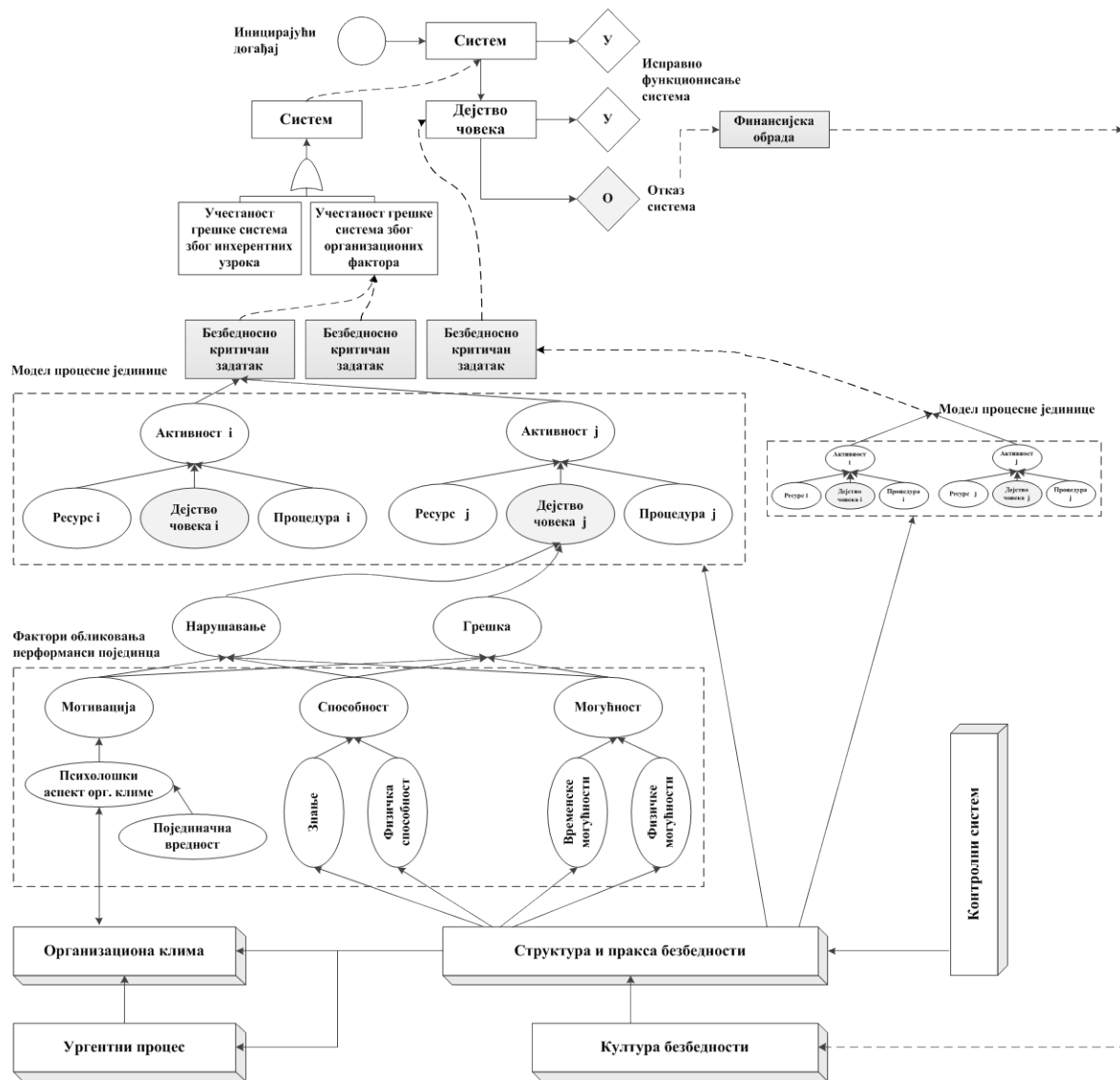
Пример хибридног модела за анализу ризика комплексних система приказан је на слици 4.11. Модел се иницијално дефинише на основу описа изабраног техничког система (систем 1) и ризика у том систему, а затим додатна анализа заснива на разматрању организационих узрока. Модел ризика дефинише сценарије ризика на основу дијаграма секвенце догађаја. Догађаји, услови и узроци у сценарију ризика описују се стаблом догађаја. Појава иницирајућег догађаја може довести систем у неко од предвиђених стања успешног функционисања или до укључивања оператора како би се спречила појава нежељених догађаја. Коначан исход може бити успешан (У) или стање отказа (О).

Две врсте узрока нежељених догађаја се идентификују. Једна врста је заснована на самом техничком систему и његовим карактеристикама, а друга зависи од организационих активности. Организационе активности утичу на елементе сценарија ризика посредством безбедносно критичних задатака. На њих непосредно утичу активности укључене у процесне јединице, а разматрају се ресурси, људски фактор и процедуре. На безбедносно-критичне задатке утичу друштвени фактори, као што је структура безбедности и организациона клима, односно структурни фактори, као што је организациона структура и управљачка пракса.

Структура и пракса безбедности у организацији утичу на расположиве ресурсе и процедуре у моделу процесне јединице на посредан или непосредан начин. Индиректан утицај реализован је помоћу фактора обликовања перформанси људског понашања утицајем на перцепцију запослених о заштити (организациона клима) и утицајем на индивидуалне могућности и перформансе приликом извршавања радних активности.

Структура и пракса безбедности су директне последице културе безбедности. Култура безбедности утиче на одлуке руководства, посредством везе између структуре и праксе безбедности и модела процесне јединице. Утицај на безбедно понашање запослених

има и веза између ургентног процеса и фактора обликовања перформанси појединаца, посредством супервизије.



4.11. Хибридно моделирање организационих ризика (Mohaghegh-Ahmadabadi, 2007)

Приликом отказа система, врши се анализа и процена последица, што утиче на културу безбедности, уз иницирање начина, мера и поступака за уклањање последица и спречавање поновне појаве узрока нежељених догађаја.

# **5. ИНТЕРАКТИВАН ТИМСКИ РАД И ОДЛУЧИВАЊЕ**

ФУНКЦИОНАЛНА ИНТЕГРАЦИЈА И ИНТЕРАКТИВАН ТИМСКИ РАД

МОДЕЛИ ИНТЕРАКТИВНОГ РАДА

ЗАЈЕДНИЦЕ ПРАКСЕ ЗА ЗАШТИТУ

ОДЛУЧИВАЊЕ

## 5.1. ФУНКЦИОНАЛНА ИНТЕГРАЦИЈА И ИНТЕРАКТИВАН ТИМСКИ РАД

Велики број незгода се догађа због лоше организације и управљања заштитом, због проблема у вези са комуникацијом и разменом информација, као и због неадекватне интеграције процеса заштите у пословне процесе организације. Због тога је интеграција пословних процеса, укључујући и интеграцију процеса заштите, императив конкурентности, али и безбедности организације као њене значајне перформансе. У даљем тексту приказане су врсте и критеријуми интеграције, као и утицаји на интерактивни тимски рад у процесима управљања слабо спрегнутим радним активностима.

Пословни трендови захтевају динамичко управљање организацијом и оперативне промене у оквиру компанија у циљу повећања компетентности и праћења промена у окружењу. На основу АИТ (енг. Advanced Information Technology), иницијативе сложеност нових производа захтева боље управљање сложеним пословним процесима у бројним пројектима у којима се примењује интерактиван тимски рад (*Waite, 1997*).

Интеграција на нивоу организације представља координацију процеса који се дефинишу у контексту основних активности, на основу које се уклањају организационе, процесне и информационе баријере за ефикасан проток материјала и размену података између различитих организационих целина. Она омогућава дефинисање стратегија, пословних процеса, информационих система, технологија и података у оквиру граница организације у циљу обезбеђивања предности у односу на конкуренцију (*Enterprise Integration Glossary, 2008*).

Интеграција се заснива на току информација и размени знања, односно координирању акција. Интеграцијом се уклањају баријере у оквиру организације, које су последица примене стандардне хијерархијске организације управљања. Постоји пет основних принципа интеграције, који се заснивају на разумевању сложеног задатка, давању правих информација, одговарајућим ресурсима и одговорности, постојању комуникационе мреже, демократизацији и размени информација на свим нивоима, односно слободној размени информација која доводи до природне расподеле процеса одлучивања у оквиру целокупне организације (*Hansen, 1991*).

Главни проблеми који се јављају приликом интеграције су: (1) неефикасно коришћење ресурса и размена информација код великих пројеката услед примене традиционалног приступа одозго-наниже; (2) постојање великог броја мањих независних целина, насталих применом традиционалног приступа одоздо-навише, чија интеграција

представља проблем због специфичности у комуникацији; (3) слаба прихватљивост система од стране особља услед велике сложености, чак и онда када је технолошки веома оспособљено (Fox, 1993).

### **5.1.1. Типови интеграција**

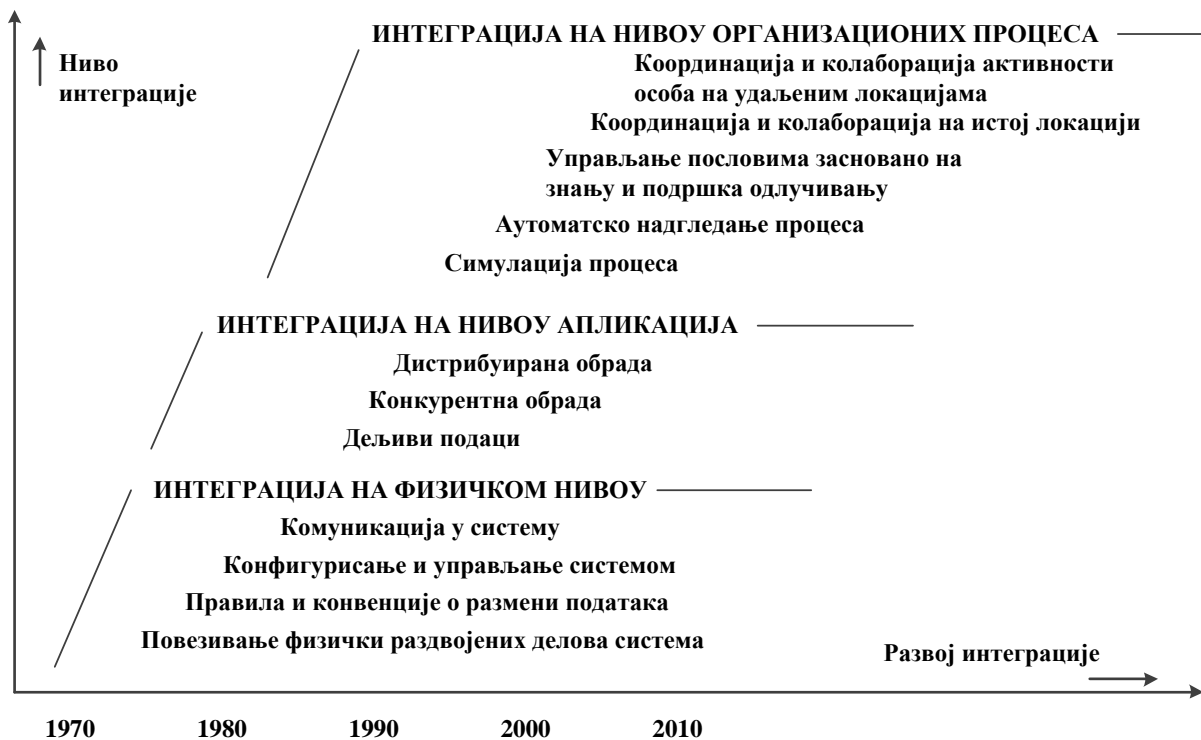
Постоје различити типови интеграција. Хоризонтална интеграција се односи на физичку и логичку интеграцију пословних процеса, независно од граница организације. Овај тип интеграције обично зависи од технологије која се користи (од ограничења у обиму информација које се размењују, селектованих формата за размену података, коришћења одговарајућих типова мрежа). Она се дефинише на нивоу организације. Углавном је везана за одређене технолошке токове, проток материјала и размену техничке документације.

Вертикална интеграција обухвата интеграцију између различитих управљачких нивоа у организацији, односно интеграције процеса одлучивања, при чему одговарајући ниво управљања дефинише скуп ограничења за ниже нивое управљања, који шаље повратне информације вишим нивоима (на пример, статусне извештаје). Овај тип интеграције односи се на токове одлучивања.

У оквиру организације су идентификоване различите форме. То су: интеграција на физичком нивоу, интеграција на нивоу апликација и интеграција на нивоу процеса (слика 5.1).

Интеграција на физичком нивоу система односи се на комуникационе системе, односно на повезивање и размену података помоћу рачунарских мрежа и комуникационих протокола.

Интеграција на нивоу апликација подразумева интероперабилност апликација на хетерогеним платформама, као и за приступање дељеним подацима у различитим апликацијама даљинским путем. Окружења за дистрибуирану обраду, заједнички сервиси за извршавање, апликациони програмски интерфејси и стандардни формати за размену информација су неопходни на овом нивоу у циљу креирања кооперативних система.

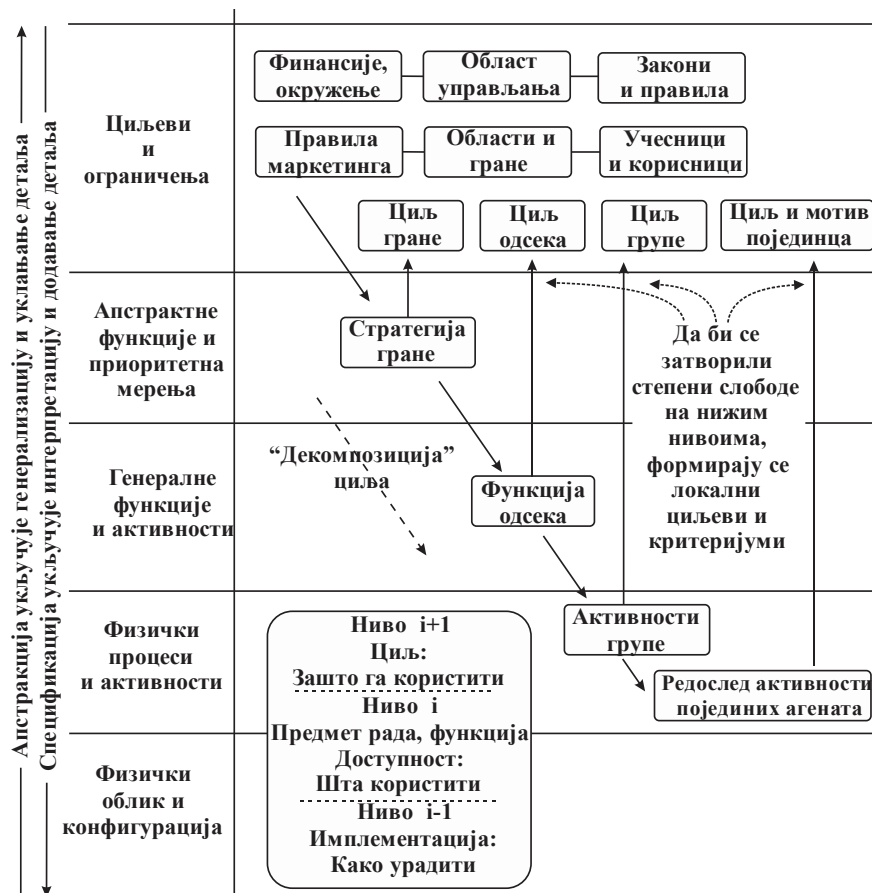


Слика 5.1. *Нивои интеграције (Williams, 1994)*

Интеграција пословних процеса је највиши ниво интеграције, с обзиром да пословни процес обухвата токове информација, токове материјала и токове управљања. Због тога је интеграција компоненти организације условљена интеграцијом пословних процеса и повезаних ресурса.

Уколико размотримо организационо одлучивање као проблем управљања ресурсима, репрезентација радног места помоћу релација дефинише простор у коме доносиоци одлука морају да се налазе. Овај приступ репрезентацији радног места приказан је на слици 5.2.

Кооперативно одлучивање је дистрибуирана контролна функција која служи за координирање слабо спрегнутих активности у оквиру радног простора. Организација је обично описана организационим дијаграмима, помоћу којих се приказује само формална расподела одговорности, док функционална организација приказује тренутну поделу послова између актера овог система, а она се динамички значајно мења са променом управљачких захтева који се односе на радни простор.



Слика 5.2. Радни простор приказан помоћу хијерархије дефинисане декомпозицијом и апстракцијом (Rasmussen & Svedung, 2000)

### 5.1.2. Функционална интеграција и тимски рад

Пословни процеси дефинишу токове управљања у организацији. Они материјализују управљачку политику, размену докумената, оперативне процедуре, производне процесе, административне процедуре, регулациона правила и слично. Међусобно су испреплетани и извршавају се конкурентно.

За организацију се дефинише велики број пословних процеса, које извршава отворени скуп функционалних ентитета (или агената) у циљу постизања пословних циљева (које дефинише руководство). Моделирање организације и интеграција су везани за моделирање и интеграцију ових процеса и агената (Neches et al., 2005).

Уопштено речено, циљ интеграције је: омогућавање комуникације између различитих функционалних ентитета; обезбеђивање интероперабилности пословних апликација; поједностављивање координације функционалних ентитета за извршавање пословних процеса, тако да они заједнички боље испуњавају циљеве.



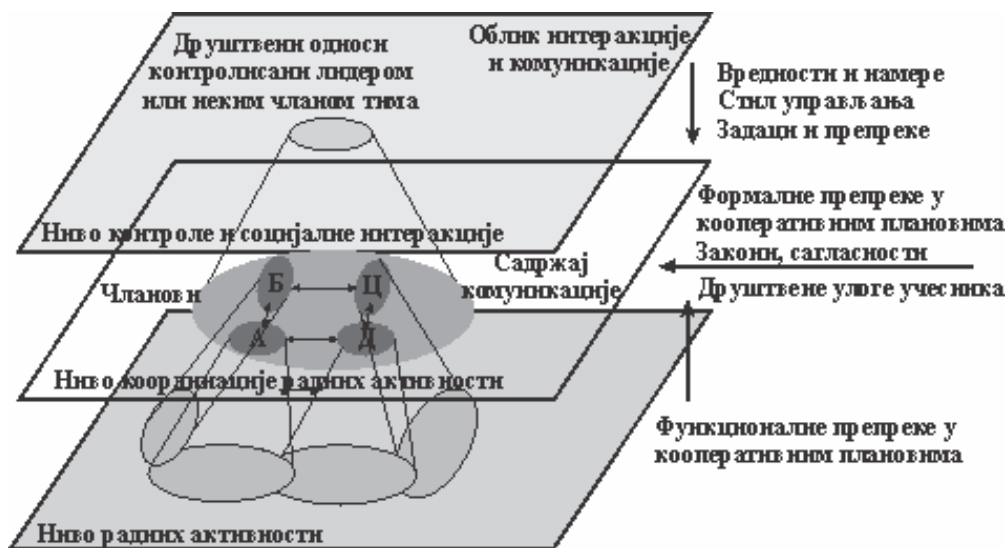
Основни циљ моделирања организације је подршка анализи организације. Додатни циљ је моделирање релевантних пословних процеса и објеката који се односе на пословну интеграцију.

Модел организације се користи као механизам за семантичку унификацију, или механизам за мапирање знања, дефинисан принципима и алатима датог метода организационог моделирања. Семантички концепти у моделу могу се изразити у форми онтологије, односно коришћењем неутралног формата за представљање знања (*Vernadat, 1996; Vernadat, 2002*).

Интегрисано окружење је састављено од одговарајућих ресурса, апликација и информационих система којима управља особље или рачунари у циљу генерисања производа и сервиса на основу унапред дефинисаног (и документованог) пословног процеса. Окружење се детаљније описује повезаним информационим и физичким токовима којима управљају контролни токови. Због тога је неопходно моделирати и интегрисати: (1) производне информације; (2) пословне процесе (могу бити административни, управљачки, технички или послови подршке) који користе, обрађују или генеришу материјале, податке, информације или знање; (3) техничке ресурсе; (4) начине организовања информација (сервери података и информациони системи, као и токови информација морају да буду интероперабилни); (5) организацију и одлучивање (одлуке морају да буду координисане и на време прослеђене одговарајућим организационим ентитетима); (6) особље (улога особља у интегрисаним системима је, иако се то често избегава у организационим моделима, од суштинског значаја, услед обављања интелектуалних задатака, као што је пројектовање, одлучивање, планирање, управљање, контрола, комуницирање, учење, итд), а посебно је важно моделирати компетентност и улоге; (7) трошкове, као финансијске токове.

На основу претходно дефинисаног приступа, организациони аспекти се разматрају на два различита нивоа, као што је приказано на слици 5.3: (1) Функционална организација послова захтева координацију активности и дефинисана је управљачким захтевима у радном домену. Функционална организација дефинише алокацију улога за појединачне актере и садржај комуникације који је неопходан за координацију; (2) Координација социјалних улога које су изабрали или које су додељене појединцима и тимовима зависи од начина управљања, који утиче на начин комуницирања и социјалну интеракцију између чланова тима или организације (*Kosanke & Nell, 2000*).

Функционална организација посла дефинисана је интеракцијом између нижих и виших нивоа, и то прослеђивањем управљачких захтева радног простора навише, односно до социјалне праксе и стила управљања који постоје на вишим нивоима и утичу на ниже нивое. На слици 5.3 приказана су четири агента или доносиоца одлуке, који имају свој простор одлучивања, који се међусобно преклапају у делу радног домена. Разматране активности у оквиру овог домена су обично слабо спрегнуте, тако да је неопходна координација и комуникација. Структура комуникационе мреже и садржај комуникације је дефинисан управљачким захтевима у радном домену. Насупрот томе, социјална организација дефинисана је конвенцијама које су изабране за комуникацију, што зависи од стила управљања или културе, од тога да ли координација приликом комуникације дефинише менаџера на традиционалан начин у хијерархијској организацији, или се остварују преговори између актера, као у савременим, флексибилним организацијама.



Слика 5.3. Утицаји на интерактивни тимски рад у процесу управљања слабо спрегнутим радним активностима (Rasmussen & Svedung, 2000)

Управљачки захтеви у радном домену мењају се у току времена, као што се мења сама организација. Одређена подела активности, а самим тим и функционисање организације, зависи од ситуације и од компетентности актера, технологије која се примењује у радном домену, односно окружења у коме се налази организација. Чак и у строго контролисаним организацијама, структура кооперације се динамички мења у складу са тренутном ситуацијом, па радни оквир за моделирање мора да буде адаптиван. У реалним радним условима, алоцирање улога за појединачне актере зависи

од неколико критеријума: (1) норме и пракса, где је формална улога чврсто повезана са хијерархијском организационом структуром и одговарајућим социјалним статусом, па самим тим утиче и на алокацију посла; (2) подела оптерећења, и то формално, за време планирања посла, и неформално и динамички у току самог радног процеса; (3) функционална декомпозиција, која утиче на смањење неопходне размене информација између актера, и посебно је важна у динамичким системима, за које се управљачки захтеви организују на основу јединица које имају захтеве за брзим одговором, али са мањом међусобном интеракцијом; (4) компетентност за одређени посао; (5) приступ информацијама, који је за време рутинских ситуација у радном домену ограничен, али са променом домена, као и у специфичним ситуацијама, знатно је више доступних информација и шири простор за одлучивање; (6) безбедност и поузданост, и то у ситуацијама у којима се особље излаже опасностима, када критеријуми заштите дефинишу алокацију улога.

Претходно наведени критеријуми често утичу једни на друге, а њихова временска промена дефинисана је контролним захтевима радног простора. У таквим ситуацијама, захтеви за динамичким управљањем предефинишу формалну, социјалну организацију.

Поузданост организације расте уколико постоји могућност укључивања сложених модела управљања и мрежа које дефинишу захтеве за различите ситуације. Још једна веома важна функционалност је редувантност у оперативној мрежи, у којој је појединац члан неколико структура које се међусобно преклапају, и има непосредан увид у перформансе осталих појединаца са којима је у контакту. У многим организацијама овај вид редувантности би се сматрао потенцијалном неефикасношћу. Адаптација алокација улога и координација посла у односу на локалне критеријуме у нормалним условима има значајне последице у нежељеним ситуацијама. Много ефикаснија подела посла је неопходна за послове који се одвијају у кратком временском року, а тада је редувантност неопходна како би се спречила појава веома ретких нежељених догађаја. Подела посла и праћење у циљу идентификовања критеријума за поделу посла утичу на заштиту у контексту различитих категорија опасности, а неопходно је и одговарајуће планирање праћења.

Процеси заштите су подржавајући процеси, и њихово спровођење је базирано на управљању ризиком. Примена модела животног циклуса заштите може да допринесе бољем управљању процесима заштите уколико се ови процеси интегришу. Интегрални

поглед на процесе заштите доводи до веће валидације и сертификације целокупног животног циклуса организације.

Чак и онда када постоје одговарајући услови за исправно доношење одлука за управљање ризиком, питање је да ли се оне заиста и примењују на предвиђени начин. Проблем је у великом броју основних, локалних аспеката који су повезани са критеријумима и субјективним ставовима одређених доносилаца одлука. Један од њих је начин рангирања радних циљева и циљева заштите од стране различитих доносилаца одлука у односу на ефикасну стратегију управљања ризицима.

На нивоу организације ово питање односи се на поштовање одговарајућих закона и прописа. Кључни аспекти се односе на дефинисање интерних политика и управљање ресурсима, обуку запослених, интерна праћења, односно брзо и ефикасно уклањање свих идентификованих недостатака.

Проблем је хоризонт планирања, који је различит за доносиоце одлука на различитим нивоима система за који се разматрају социјални и технички аспекти. Планирање личних каријера је на нивоу неколико година, финансијски планови се праве за десетак година унапред, а предвиђање великих несрећа за много дужи временски период. Због тога, често, управљачке структуре игноришу овакве анализе.

Функције лица која се професионално баве безбедношћу произилазе из основних области које се односе на безбедност и заштиту људи, имовине, радне и животне средине, а то су (*ASSE* у *Stephens, 2004*): (1) Предвиђање, идентификација и процена опасности и ризика; (2) Развој метода, процедура и програма контроле опасности и ризика; (3) Имплементација, администрација и комуникација о контроли и програмима контроле опасности и ризика; (4) Мерење, провера и процена ефикасности контроле и програма контроле опасности и ризика. Свака од ових функција укључује већи број активности, (*Савић, Станковић, 2005*). Квалитетно обављање наведених функција и одговарајућих активности захтева тимски рад. Такође, због мултидисциплинарне природе интегрисаног система заштите незаобилазна је примена интерактивног тимског рада при његовој имплементацији.

Интерактивни тимски рад представља процес у коме особе које посматрају различите аспекте проблема могу да конструктивно разматрају разлике и траже решења која превазилазе њихову ограничену визију. У овом процесу се генеришу нове идеје и нова решења, која проистичу из различитих перспектива гледања на исти проблем, односно знања и искуства које имају особе у организацији и ван ње.

Развој интерактивног тимског рада у организацији је приказан у табели 5.1.

Табела 5.1. *Развој интерактивног тимског рада у организацији*

<i>Ниво интеракције</i>	<i>Особине интеракције</i>	<i>Шта се размењује</i>
Сарадња	Размена података узрокована блискошћу и остварена због одређеног разлога, сврхе или потребе Постојање (локацијске) блискости, уз потенцијално заједничке интересе	Основни подаци о раду и мерама заштите
Удруживање или умрежавање	Могућност редовног комуницирања због потреба обављања радних активности Имплицитна размена информација Иницирање потребе за развојем веза и поверења	Екстерне информације о проблемима заштите Проблеми који се односе на посебне секторе
Координација	Разматрање могућности интеракције Успостављање ефикасних механизма комуникације Лидерство и механизми подршке	Детаљне екстерне информације о могућностима здруженог деловања Интерне информације, могућности и потенцијали
Припрема за интерактиван рад	Дефинисање јасних циљева и активности Слагање радних процеса са процесима интеракције и умрежавања Разматрање механизма сарадње	Планирање Процеси развијања мрежа Идентификовање проблема са ресурсима
Колаборација	Успостављање мрежних идентитета Дефинисање механизма интеракције Ангажовање подршке интеракцији	Развој интегрисаних система заштите Планирање и управљање колаборативним активностима Идентификовање недостатака ресурса
Формирање одрживог система	Трајно умрежавање појединаца и група запослених Ефикасни механизми мрежне комуникације Мрежни идентитети Генерисање и размена екстерних и интерних информација	Управљање мрежама запослених Алокација појединаца и тимова Ефикасно коришћење ресурса заштите Проналажење средстава за одржавање и проширивање система

Да би тимски рад био ефикасан, неопходно је да тим има следеће карактеристике: (1) прецизне циљеве; (2) дефинисане улоге; (3) отворену и јасну комуникацију; (4) ефикасно одлучивање, (5) балансирану партиципацију чланова тима; (6) различитост у

начину размишљања, идејама, методима, искуству и ставовима; (7) ефикасно управљање конфликтима; (8) позитивну атмосферу; (9) кооперативне односе између чланова тима; (10) партиципативно управљање.

### **5.1.3. Фактори успеха интерактивног тимског рада**

Оно што задатак анализе интерактивног тимског рада чини посебно тешким је да не постоји једна дефиниција интерактивног тимског рада. Различити погледи истичу различите аспекте посла. Поље рачунаром подржаног кооперативног рада (енг. Computer Supported Cooperative Work - CSCW) представља један од најбољих извора за истраживање интерактивног тимског рада, групног рада и дистрибуираног рада. Рачунаром подржани кооперативан рад пружа потенцијално корисне описе интерактивног тимског рада, односно начин пројектовања софтвера који га подржава.

Како би се боље разумео интерактиван тимски рад, важно је разумевање улога чланова тима и фактора који утичу на успешност њиховог рада. Основни утицајни фактори су: дељено разумевање, свесност, дефинисање и подела посла, комуникација, организовање и самоорганизовање.

**Дељено разумевање.** Фактор који се најчешће помиње приликом разматрања успешности интерактивног тимског рада је дељено разумевање. Дељено разумевање подразумева укључивање више партиципаната који треба да имају могућност међусобног разумевања, разумевања ситуације, односно циљева активности, на исти начин, тако да се избегава неразумеваше и конфликтно понашање. Разумевање чланова тима означено је као динамичко тимско разумевање, односно као степен у коме чланови тима развијају компатибилне процене ситуације и последице одлука на задатак који се извршава, затим начин на који тим наставља са радом и конкретне акције које одређени чланови тима треба да изврше, (*Blickensderfer et al., 2000*). Ово динамичко разумевање се остварује путем посла, последица је појединачног знања и основа је за ефикасно функционисање тима.

Дељено разумевање наглашава значај екстернализација (*Arias et al., 2002*). Екстернализације су дељени објекти о којима партиципанти могу да говоре, односно о којима могу да размишљају. Ове идеје су веома сличне идејама о дистрибуираном разумевању (*Hutchins, 1995*).

За дељено разумевање веома значајан аспект је начин приступања информацијама у систему и начин дистрибуирања информација. Дељени приступ информацијама

омогућава развој дељеног знања, а самим тим и заједничка очекивања, која омогућавају координацију акција. Уколико није могућ приступ дељеном знању, долази до проблема приликом интерактивног тимског рада, услед неразумевања и погрешно извршаваних акција.

Дељено разумевање се може описати као степен у коме чланови тима имају исту интерпретацију текућих догађаја.

**Свесност.** Други фактор чији се значај посебно истиче приликом описа интерактивног тимског рада је свесност. Уколико чланови тима нису свесни једни других (знања и активности које обављају), или ситуације (шта има смисла и шта је значајно за одређену ситуацију), координисање неће бити успешно, или ће задаци бити неуспешно извршени. Свесност се развија праћењем активности, приступањем дељеним информацијама и могућношћу да се дефинишу ентитети као што су распореди. Сви партиципанти не морају да буду свесни целокупног плана како би постигли успех, јер је глобалан преглед посла користан само у изузетно ретким ситуацијама, док су актери увек свесни само локално значајних догађаја и неопходних операција у домену својих активности (*Arne Raeithel, 1996*).

**Дефинисање посла.** Да би се омогућио интерактиван тимски рад, неопходно је дефинисање посла (*Schmidt & Bannon, 1992*). Дефинисање посла је подржано управљањем токовима послова, односно управљањем заједничким информационим простором. *Simone et al. (1999)* разматрају артикулациони процес у интерактивном тимском раду, и фокусирају се на потребу корисника да разматрају различите начине коришћења и перспективе дељених објеката у кооперативном раду. Артикулација посла представља специфичности уклапања задатака, секвенци задатака и токова послова. Процес артикулације је целокупан процес организовања или координације радних задатака. У *Strauss (1988)* разматра се организација посла, уз фокусирање на опис посла и опис процеса, како би се анализирали различити типови посла. Истиче се разлика између посла који је састављен од слабо повезаних активности, код кога није јасно дефинисан циљ или поступак којим се постиже циљ, и посла који је прецизно дефинисан. Такође, постоји велика разлика између рутинског и нерутинског, формалног и неформалног, односно једноставног и сложеног посла.

**Подела посла.** Такође, веома је значајна и подела посла, односно како то утиче на разумевање дела посла појединаца у оквиру групе (*Hutchins, 1995*). *Kugler and Lintern (1995)* пореде организацију са колонијом мрва и начином на који се мрави организују

приликом извршавања сложених задатака. То је пример у коме чланови тима следе једноставна правила као одговор на спољашње окружење, а извршавају сложене задатке, при чему сваки члан не мора да зна целокупан план како би интерактиван тимски рад био успешан. Сваки члан тима треба да зна своју улогу и да има на располагању све што му је неопходно. Организација посла, ко извршава конкретне задатке и када ће се они извршити, мења исход акција тима.

**Комуникација.** Квалитет комуникације утиче на успешност интерактивног тимског рада. Процес успостављања заједничке основе између чланова одређен је медијумом који се користи за комуникацију, *Clark & Brennan (1991)*. Различити медијуми имају различита ограничења, која утичу на комуникацију: непосредно присуство, видљивост, звучна комуникација, могућност прегледања. Ови фактори утичу на једноставност праћења информација и дељења садржаја путем комуницирања и због тога утичу на успешност интерактивног тимског рада. Различити типови интерактивног тимског рада имају различите недостатке у начинима одвијања комуникација, а самим тим утичу на начин обављања задатака (синхроно или асинхроно, лоцирано или дистрибуирано). Различити медијуми помажу у уклањању неспоразума на различитим нивоима (*Fairburn et al., 1999*). Комуникација се може третирати као једна од димензија повезана са типом посла који се извршава (*Segal, (1995)*). Различити типови интеракција су укључени у посао између чланова тима и систем ће извршити одређену форму комуникације, и како/где партиципанти могу да добију жељене информације.

Комуникација је веома значајна у току интерактивног тимског рада, заједно са координацијом и могућношћу адаптирања као значајних процеса у тимском раду (*Blickensderfer et al., 2000*). Комуникација је значајна за координацију активности, а мења се зависно од тога ко са ким комуницира (*Moss et al., 2002*).

Дистрибуирано разумевање дефинише начин на који се знање размењује између чланова тима, односно како се информације прослеђују у и између артефаката (динамичких елемената посла). Артефакти или алати који се користе у систему, као и начин на који се представљају информације, ограничавају размену информација између људи и начин на који се примају информације.

**Организовање тима.** Успех тима у различитим ситуацијама може да зависи од њиховог организовања – ко има приступ одговарајућим информацијама и где се неопходне информације налазе. Ова ситуација описује се помоћу мрежа са ограничењима која постоје у оквиру тима, а ове мреже су повезане на различите



начине. Ова репрезентација објашњава начин на који су појединачни когнитивни процеси везани за ефекте који утичу на тим, односно како тим као целина функционише приликом доношења одлука. Зависно од шаблона и јачине конекција између мрежа, ограничења у свакој мрежи се мењају (утицај ових ограничења такође), а самим тим и интерпретација догађаја или представе о систему који је умрежен. То је посебно важно приликом анализе последица грешака, јер се дефинишу погрешне перцепције, односно погрешна процена утицаја. Различите организационе структуре, а самим тим и различити начини приступа подацима, препоручују се за одређене ситуације.

**Самоорганизовање.** Иако је то више организациони фактор, самоорганизовање или прилагодљивост је још једна веома значајна карактеристика интерактивних тимова. Могућност да се тим реорганизује како би се прилагодио променама указује на то да ли је тим успешан или не. Велики је значај мета-когниције или самонадгледања. У *Rochlin (1987)* се описује поступак промене организације групе на основу текуће ситуације. Због тога, у нормалним условима постоји хијерархијски редослед команди и чланови тима могу да добију инструкције шта да раде и како да примају наређења од претпостављених. Међутим, ванредна ситуација у организацији подразумева линијско управљање, у коме сваки запослени непосредно реагује на информације које прима. Тиме се смањује време реаговања и омогућава да корисници који примају информације одмах делују, а не прослеђују даље те информације крајњим корисницима (што може да повећа ризик од појаве грешке у тим ситуацијама). Чланови тима се самоорганизују и координишу своје акције на основу локалних захтева.

*Patel* и сарадници (*Patel et al., 2012*) посматрају тимски рад у ширем контексту и дефинишу структуру фактора и аспеката интерактивног тимског рада приказану у табели 5.2.

Контекст дефинише врсте или типове појединаца и тимова који су укључени у колаборативни рад у контексту типова задатака које обављају. То дефинише и посебну подршку за остваривање интеракције, као и за ефикасност тимова. На пример, пословно окружење утиче на начин рада појединаца. Организациона структура, такође, значајно утиче на ефикасност рада појединаца и тимова, њихову аутономију у раду, повећање задовољства запослених и укључивање у задатке.

Интерактиван тимски рад у организацијама захтева подршку, која је кључан фактор у постизању успеха. Чак и изузетни тимови могу давати лоше резултате уколико не

постоји подршка (од руководећих органа и техничких служби), уколико недостају ресурси за постизање циљева и успешну сарадњу са особама у и ван организације. Технички алати за комуникацију и дељена радна окружења или мреже сарадње су неопходне за успешан рад. За то је неопходна и добра обука, као и комплементарност приликом дефинисања послова.

Табела 5.2. *Фактори и аспекти интерактивног тимског рада (Patel et al., 2012)*

<b>Фактори</b>	<b>Аспекти</b>
Контекст	Култура, Окружење, Клима, Организациона структура
Подршка	Алати, Мреже, Ресурси, Обука, Креирање тимова, Управљање знањем, Управљање грешкама
Задаци	Тип, Структура, Захтеви
Процеси интеракције	Учење, Координација, Комуникација, Одлучивање
Тимови	Улоге, Везе, Дељење знања и информација, Заједничка основа, Групни процеси, Композиција тима
Појединци	Вештине, Психолошки фактори, Благостање
Свеобухватни (заједнички) фактори	Поверење, Конфликт, Искуство, Циљеви, Подстицаји, Ограничења, Управљање, Перформансе, Време

Појединци и тимови укључени у интерактиван тимски рад морају да заврше одређене задатке како би испунили циљ. Перформансе извршавања задатака су критичне. Карактеристике посла дефинишу главне атрибуте који утичу на интеракцију. Неопходно је разматрати техничке системе подршке, процесе интеракције и тимски рад.

Један од начина анализе интерактивног тимског рада је да су појединци и тимови део окружења у коме се одвијају процеси интеракције, као што су учење, координација, комуникација и одлучивање. Постоје појединачне или колективне акције људи којима је додељен одређени задатак, док је процес низ активности, које су одређене успешношћу претходно извршених активности. Тимови извршавају задатке и постижу одређене циљеве, користећи ресурсе и добијајући производе или сервисе у току извршавања процеса.

Тимови имају наведене организационе функције и учествују у остваривању организационих циљева. Они су састављени од појединаца који учествују у

заједничким задацима, док тимски рад укључује појединце у колективним или појединачним задацима који се касније интегришу у неки вид колаборације у групи или међу групама. Постоје тимови који су лоцирани на истом месту, на различитим локацијама, раде у исто време или са временском дистанцом, стационарни и мобилни тимови.

Перформансе поједнца, друштвене и техничке, јесу основа за перформансе тима. Поред ових фактора, постоје и додатни фактори, који доприносе осталим факторима у мањој или већој мери, а ови фактори су у (*Patel et al., 2012*) посебно издвојени и идентификовани као свеобухватни фактори. Поверење је један од суштинских фактора за перформансе тима у коме интерагују појединци. Појединци морају да имају поверење у организациону структуру, оптималне комуникационе перформансе, расположивост свих неопходних ресурса, безбедност и слично.

## **5.2. МОДЕЛИ ИНТЕРАКТИВНОГ РАДА**

Модел интерактивног тимског рада је неопходан у циљу обезбеђивања систематске анализе и решавања проблема који се јављају у току рада тима.

Постоји неколико захтева за модел интерактивног тимског рада. Модел треба да обезбеди структурни приказ интерактивног тимског рада и да нагласи посебно значајне аспекте који омогућавају успешан интерактиван тимски рад. Такође, модел треба да дефинише улоге и утицај који аспекти имају на интерактиван тимски рад, односно утицаје и начин интеракције појединаца.

За описивање интерактивног тимског рада са становишта пројектовања, користе се тзв. механизми и типичне акције (*Pinelle et al., 2003*). Они су према (*Pinelle et al., 2003*) подељени у две категорије, које се односе на комуникацију и колаборацију. Комуникацију дефинишу:

- Експлицитна комуникација – описана је механизмима као што су изговорене поруке, писане поруке, мимике и гестови, комбиноване поруке, манифестовање акција; типичне акције појединаца су конверзационо вербално истицање, персистентност, указивање, осликавање, демонстрирање, показивање и конверзација, стилизоване акције;
- Прибављање информација – описано је механизмима као што је основно информисање, прибављање додатних информација, последична комуникација, преслушавање, визуелно доказивање; типичне акције односе се на праћење

запослених на радном месту, њихових активности и локација, промене објеката, карактеристичних знакова или звукова, карактеристичних покрета, позиција тела и локација, праваца посматрања, присуства говора, специфичног садржаја; дефинисање нормалних акција;

Колаборација подразумева:

- Дељени приступ (алатима, објектима, простору, подацима или било којим ресурсима, као и подела времена) – подразумева добијање или резервисање дељеног ресурса, заштиту посла; описује се акцијама физичког преузимања објеката или алата, заузимања простора, надгледања осталих акција у простору, обавештавања осталих о заштити;
- Трансфер дељених објеката – коришћење дељеног објекта, ослобађање дељеног објекта, нуђење или прихватање објекта, обавештавање о коришћењу или престанку коришћења (самостално или од стране система).

Модел треба да подржи физичке аспекте интерактивног тимског рада, али и да садржи когнитивни и физички опис интерактивног тимског рада.

### **5.2.1. Основни модел интеракције**

Постоје различити модели интерактивног тимског рада. У *Dix (1998)* описан је модел интеракције приказан на слици 5.4.

*Dix (1998)* дефинише основни модел интерактивног тимског рада, који укључује три основна ентитета. Овај модел је у домену рачунаром подржаног интерактивног тимског рада. У примеру су приказана два партиципанта (У1 и У2) и дељени ентитет (М). Линије између партиципаната и дељеног ентитета указују на начине комуникације и размене информација између партиципаната у оба смера, односно посредством ентитета, како би се омогућио интерактиван тимски рад. Приказана је непосредна комуникација помоћу директне линије између партиципаната, када се не користи ниједан ентитет. Ова врста комуникације може бити управљана технологијом.



Слика 5.4. Модел интерактивног тимског рада (Dix, 1998)

За непосредну комуникацију везан је посебан вид комуникације, у коме један партиципант комуницира са другим, користећи заједнички ентитет. Ситуација у којој сви партиципанти појединачно приступају дељеном ентитету је такође дефинисана. То је означено као управљање и повратна информација, пошто сваки партиципант појединачно управља ентитетом и прима повратне информације на основу извршених акција. Комуникација посредством ентитета је приказана у облику стрелице која је усмерена од једног до другог партиципанта, посредством заједничког ентитета, што описује ситуацију у којој један партиципант извршава акцију, а други партиципант непосредно прати ту акцију.

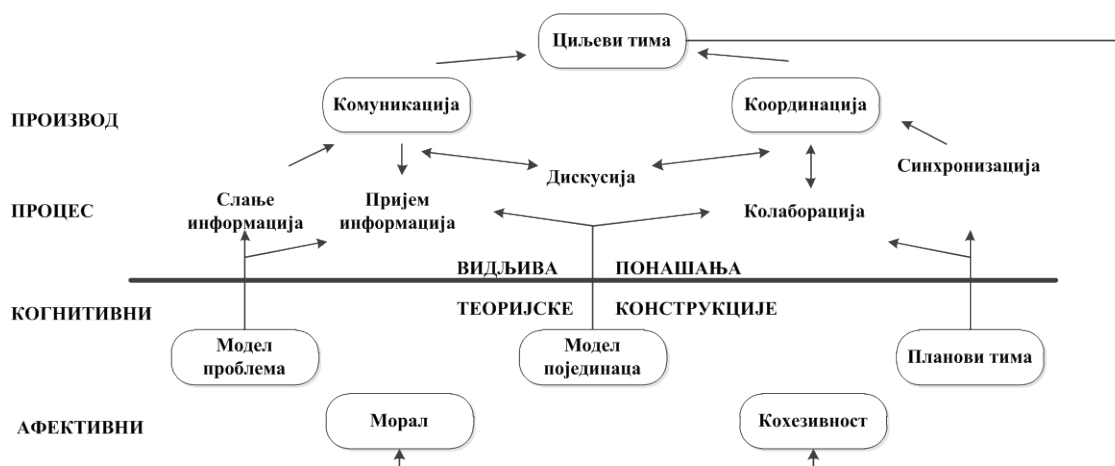
Дељено или заједничко разумевање представља коначни елемент у моделу, који је приказан помоћу непосредне везе између партиципаната, уз истицање свих осталих приказаних типова комуникација.

Заједничко разумевање је другачије од осталих начина комуникације између партиципаната који су приказани на дијаграму. То није форма комуникације, већ нешто што проистиче из различитих форми комуникације. Ипак, успешан интерактиван тимски рад и комуникација заснивају се на различитим формама комуникације.

Овај модел не описује експлицитно све аспекте спознаје који могу бити укључени у комуникацију у интерактивном тимском раду, осим заједничког разумевања, већ описује само експлицитну страну комуникације.

## 5.2.2. Модел процеса тимског рада

Annett and Cunningham (2000) дефинишу модел тимског рада који разликује тимске процесе и тимски производ (слика 5.5). Моделира се посао на много апстрактнијем нивоу у односу на Dix-ов модел. Рад и колаборација су описани на различитим нивоима: емоционалном, когнитивном, на нивоу процеса и нивоу производа. И когнитивни и друштвени аспекти интерактивног тимског рада су укључени у модел, који описује како утичу једни на друге.



Слика 5.5. Модел тимског рада (Annett & Cunningham, 2000)

Цео модел је подељен на два дела, како би се разликовала видљива понашања од теоријских конструкција. Теоријске конструкције су когнитивни и емоционални слојеви.

Најнижи ниво је емоционални ниво, који укључује морал и кохезивност. Они представљају основу за развој тимског рада. Засновани су на циљевима тима, али не постоје везе које дефинишу утицај ових елемената на остале аспекте тимског рада. Следећи слој је когнитивни слој, који садржи само три елемента: модел проблема, модел особа и тимске планове.

Први слој у делу модела којим се описује видљиво понашање је процес путем кога се постижу тимски циљеви. Процес је састављен од два елемента, комуникације и координације, а они су повезани путем теоријског/когнитивног слоја на неколико начина. Модел света у когнитивном слоју је појединачно разумевање окружења или простора проблема у коме се тим налази, што значи да се односи на сагледавање тренутне ситуације. То утиче на процес комуникације путем слања и пријема информација. Модел појединца указује на појединачно разумевање колега, шта они

раде, шта знају, у ком стању се налазе, односно да ли се могу ослонити на њих. То је заправо свесност о постојању осталих особа у групи, што утиче на комуникацију и координацију путем пријема информација и колаборације.

Тимски план је појединачно знање о циљевима тима и стратегијама које омогућавају остваривање ових циљева. То утиче на координацију путем колаборације и синхронизовања акција. Процеси координације и комуникације су повезани и путем дискусије.

У највишем слоју модела дефинисан је резултат тимског рада, а то су тимски циљеви. Процеси комуникације и координације приказани су тако да су укључени у завршни производ. Тимски циљеви утичу и на најнижи слој модела. Оно што није јасно у овом моделу је позиција реалног света и ентитета, јер они припадају горњем делу модела, али је њихова улога остала нејасна јер нису експлицитно укључени.

### **5.2.3. Модел заједничке спознаје**

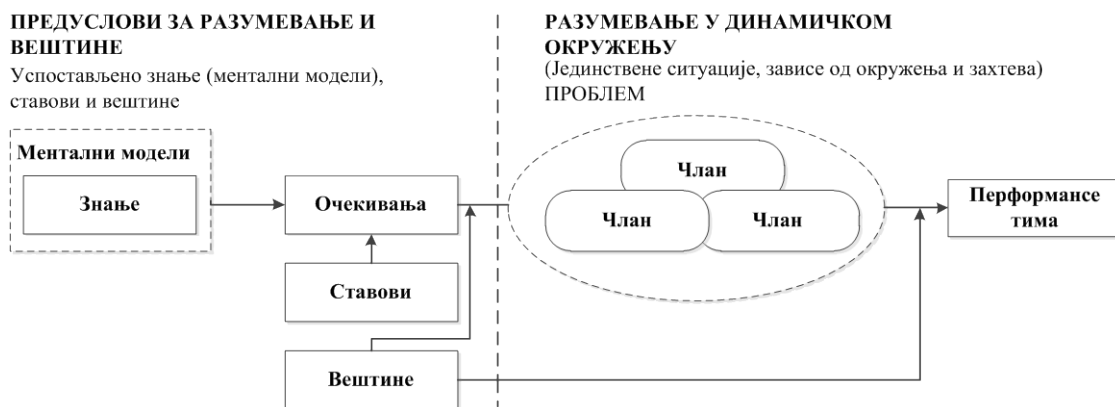
*Blickensderfer et al (2000)* дефинишу модел који се у потпуности односи на спознају, а не модел тимског рада који описује експлицитне елементе комуникације, колаборације и координације (слика 5.6). Овај модел заједничке спознаје има задатак да представи когнитивне утицаје на тимски рад, који могу довести до успеха или неуспеха, односно оно што је представљено под појмом тимског знања у циљу успешног тимског рада.

Модел је подељен на два дела. Први део односи се на допринос појединаца тимском раду. Знање које имају појединци је веома значајно, зато што предзнање о задатку који се извршава, улогама и одговорностима помаже да чланови тима разумеју зависности које постоје у тиму. То разумевање тимских циљева помаже члановима да заједнички раде као тим, уместо да дође до конфликтних очекивања.

Предзнање утиче на успех тимског рада (*Blickensderfer et al., 2000*). У моделу заједничке спознаје и вештине подразумевају моделе знања и менталне моделе, који дефинишу очекивања везана за тимски рад. На ова очекивања утиче и знање које чланови тима уносе у тим, јер се тиме дефинише да ли они разумеју и наслућују потребе осталих чланова тима тако да је неопходна мања комуникација, а сама интеракција се одвија без икаквих проблема.

Други део модела односи се на интерактиван тимски рад. У овом делу, појединци су саставни део тима, у који уносе своје знање, менталне моделе и очекивања, која су приказана у претходном делу модела. У току функционисања тима, развија се други

елемент тимског знања. То је познато као динамичко разумевање задатка, што је описано као степен у коме чланови тима развијају компатибилне процене ситуације, последице на тим и задатак, како тим наставља са радом, односно конкретне акције које одређени чланови тима треба да изврше (*Blickensderfer et al, 2000*). Због тога постоји велика сличност са концептом заједничке спознаје. Ово динамичко знање тима је различито од дељеног или сличног постојећег знања. Интерпретације у току функционисања тима су дефинисане предзнањем чланова тима.



Слика 5.6. Модел заједничке спознаје (*Blickensderfer et al. (2000)*)

Способност чланова тима да развијају компатибилне интерпретације и заједничко разумевање приликом заједничког рада је основа за успешан тимски рад. То омогућава партиципантима да заједнички функционишу ефективно и без проблема, уз минималну потребу за непосредном комуникацијом. Учесници са овим „тимским знањем“ знају шта се од њих тражи и када. Они могу да предвиде потребе других чланова тима, односно да омогуће ефикасно управљање тимским ресурсима.

Перспектива овог модела односи се на одређивање онога што је значајно приликом интерактивног тимског рада, односно у интеракцији између интерних и екстерних репрезентација у дистрибуираној спознаји.

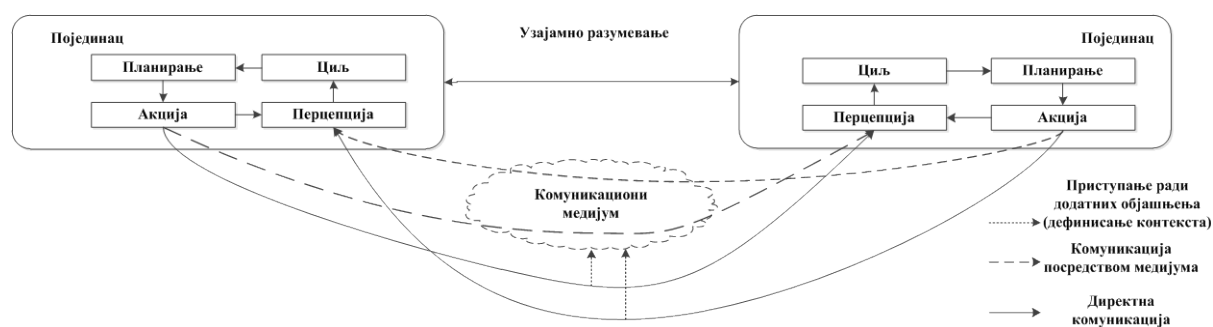
Како би се успешно размењивале информације и омогућило да информације буду интерактивне, расположиве екстерне репрезентације морају да буду компатибилне са имплицитно дељеним и индивидуалним знањем о одређеним догађајима и радној пракси, како би се успешно обавило комбиновање.



#### 5.2.4. Модел колаборације

Dix-ов основни модел интеракције не садржи когнитивни процес појединца при интеракцији са другим појединцима или машинама. Да би се и овај аспект укључио у основни модел додата му је поједностављена Norman-ова когнитивна петља која приказује спознају сваког поједнца у моделу. Тако је настао модел колаборације који комбинује модел контролне петље за људске акције (*Norman, 1990*) са основним моделом интеракције, *Dix (1998)*, који приказује различите типове комуникације који су укључени у интерактиван тимски рад. Модел укључује партиципанте (појединце), артефакте посла, различите типове комуникације, дељено разумевање и једноставну когнитивну петљу.

У основном моделу интеракције (*Dix, 1998*) линије које представљају различите типове комуникације једноставно повезују партиципанте и дељене артефакте. Међутим, пошто је у модел уведена когнитивна петља са циљем дефинисања експлицитне интеграције когнитивног модела и артефаката посла, односно њиховог повезивања у сваком типу комуникације, ове везе приказују како акције одређеног партиципанта идентификује други партиципанта (директно или индиректно), како се оне интерпретирају од стране других партиципаната, ко извршава акције као одговор, ко прима информације о томе, како би се између партиципаната формирао циклус од почетне акције до одговора на ту акцију (уз могућност коришћења артефаката, информација о жељеном циљу и фаза планирања). Према (*Miguel,2006*), модел је допуњен комуникацијом посредством комуникационог медијума, као и приступањем додатним садржајима ради додатних објашњења (слика 5.7).



Слика 5.7. Иницијални модел колаборације (*Miguel,2006*)

Први тип комуникације укључен у интерактиван тимски рад је директна комуникација, која може да се остварује у директном контакту или електронским путем. Линије

указују да у директној комуникацији акције једног партиципанта директно идентификује други партиципant. Све оно што обавља партиципant представља интерни рад сваког појединачног партиципанта. Због тога, све акције других партиципаната које се интерпретирају, воде ка следећим фазама у когнитивној петљи, како би се иницирала акција као одговор, или захтевало извршавање друге акције.

Контекстуалне информације су такође укључене у овај модел, јер се приликом комуницирања може референцирати на нешто друго (рецимо заједнички ентитет). Коришћење контекстуалних информација могуће је у директној комуникацији, када се указује на дељени ентитет.

Модел садржи управљање и повратну петљу. То описује појединачне акције које извршавају остали партиципанти над дељеним ентитетима. То само по себи није форма колаборативне комуникације, већ појединачна акција и перцепција те акције, при чему појединац извршава акцију над ентитетом и добија резултат акција. Међутим, сваки појединачни партиципant који извршава ове појединачне акције над дељеним ентитетом утиче на остале партиципанте.

Уколико се комуникација обавља између партиципаната посредством ентитета везаних за посао, тада се ради о директној комуникацији, која је приказана на слици 5.7. Акције једног партиципанта над дељеним ентитетом индиректно утичу на друге партиципанте, посредством дељеног ентитета. Због тога, други партиципant добија информације о утицајима првог партиципанта на дељени ентитет. Унутрашња когнитивна петља приказује ток информација заснован на акцији једног партиципанта, које се путем ентитета прослеђују до другог партиципанта.

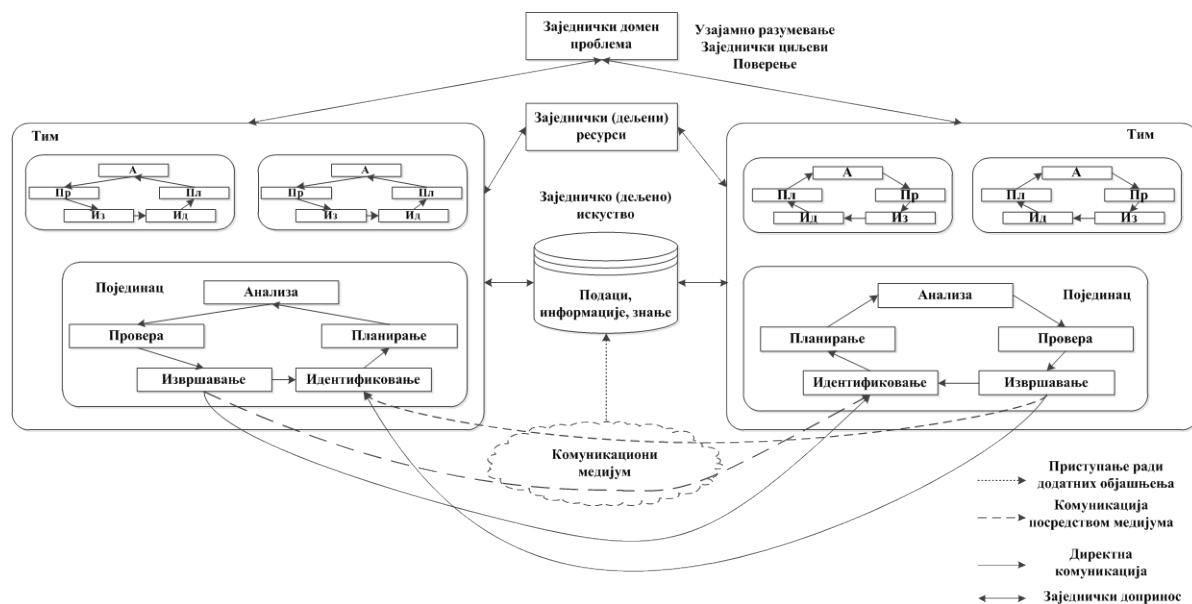
Заједничко разумевање партиципаната је такође укључено у модел, а приказано је као веза између партиципаната у фази интерпретације у когнитивној петљи. То је веома значајно, зато што различити типови комуникације могу да помогну приликом креирања и подржавања дељеног разумевања, што омогућава да се интерактиван тимски рад ефикасно обавља.

Овај модел интерактивног тимског рада обезбеђује детаљан опис интеракције на нивоу партиципаната и ентитета које они користе; садржи довољно добар когнитивни и физички опис процеса интерактивног тимског рада на нивоу описа механизма колаборације (*Pinelle et al., 2003*). То је веома користан ниво за разматрање пројектних проблема, јер наглашава да је неопходно користити интерактиван тимски рад на нивоу акција. Овај начин разматрања интерактивног тимског рада води ка разматрању

пројектних проблема на нивоу интерактивног тимског рада. То је посебно корисно приказати у моделу, који повезује физичке са когнитивним аспектима интерактивног тимског рада.

### 5.2.5. Модел интерактивног рада тимова

Модел колаборације, приказан на слици 5.7, не приказује појединца као део неке групе или тима. Утицај тима је значајан на одлуке појединаца, јер дефинише одређена ограничења. На слици 5.8 приказан је модел интерактивног рада више тимова.



Слика 5.8. Модел интерактивног рада тимова (адаптирано према Miguel, 2006)

Тим сачињава група појединаца. Појединци могу самостално да обављају активности, или да те активности буду подређене извршавању заједничког (тимског) задатка. Може постојати више тимова, који међусобно сарађују. При томе, неопходно је да постоји заједнички домен проблема, а на основу њега успостављају се директне или посредне везе појединаца или тимова. Да би се омогућио ефикасан интерактиван тимски рад, потребно је да се успостави поверење, дефинишу заједнички циљеви, као и узајамно разумевање. Приликом извршавања задатака користе се заједнички ресурси, који су ограничени и могу да смање ефикасност интеракције. Такође, засновано на поверењу и узајамном разумевању, деле се и размењују подаци, информације и знање, које може да се односи на специфичне аспекте рада и активности појединаца или тимова, у истој или различитим организацијама.

Појединац на основу ограничења, као независна јединка или као део тима, дефинише планове, анализира ситуацију, проверава планове у пракси, извршава акције и идентификује последице својих и туђих акција, односно прима информације из окружења. Сваки појединац, независно или као део тима, обавља низ активности, које се односе на анализу тренутне ситуације и на одговор. У контексту дефинисаних планова заштите, врши се провера одговарајућих идеја за деловање, извршавање активности и примену мера заштите или опоравка од последица нежељених догађаја, идентификовање последица активности и на основу тога поновно планирање активности и мера. Овај процес је цикличан, односно понавља се сваки пут када пристигну нове информације из радне и животне средине, од других појединаца или тимова.

Појединачне активности иницирају појаву одређених последица, које се посредством одређеног комуникационог медијума или директно преносе ка другим појединцима. Активности, деловања и ефекти се усаглашавају у складу са циљевима појединаца, тимова или организације. Заједнички допринос остварује се у процесу креирања база знања, чувања претходно стеченог искуства о нежељеним догађајима, као и складиштења и ефикасног приступања претходно прикупљеним подацима, информацијама и знању. У контексту заштите од посебног значаја је прикупљање информација које се односе на (не)успех одређених мера заштите, искуства приликом појаве ретких удесних догађаја, а посебно велики значај придаје се инцидентима, који могу бити потенцијалан узрок удесних догађаја.

Директна комуникација остварује се у непосредном контакту са члановима истог или других тимова. Поред директне комуникације, постоји и комуникација посредством медијума, било да је то телефон или рачунарска мрежа (Интернет), или неки други комуникациони медијум, жичани или бежични. При томе, ограничене особине медијума ограничавају ефикасност комуникације и интерактивности у обављању одређених активности. Приликом остваривања оваквог вида комуникације, могуће је коришћење и заједничког (дељеног) знања, у циљу адекватног сагледавања ситуације и тачнијег одлучивања о даљим акцијама. Комуникационим каналима преносе се информације, а на основу њих идентификује стање и дефинишу додатни планови за извршавање додатних (превентивних или узрочно-последичних) акција. При томе, заједнички или дељени ресурси могу бити организирајући фактор при избору акција.

Ограничавајући фактори, који се односе на заштиту, су:

- недовољно прецизно дефинисан домен проблема;
- велика мултидисциплинарност и интердисциплинарност тимова и појединаца који учествују у активностима;
- ограничена количина података и информација о претходним искуствима (инцидентима и удесним догађајима);
- веома специфични проблеми, који се односе на различите индустријске секторе и гране, поготово оне које имају висок степен акциденције и апсентизма услед повреда на раду и професионалних обољења, као и велики негативни утицај на окружење (на пример, грађевинска индустрија, рибарство, нуклеарне електране, рударство са површинском и подземном експлоатацијом, хемијска индустрија, индустрија прераде метала и слично).

Због тога је неопходно изабрати оптималан модел интерактивног тимског рада, како би се постигли жељени резултати – смањење броја повреда на раду, професионалних обољења и обољења у вези са радом, броја удесних догађаја и штетног утицаја на окружење.

### **5.3. ЗАЈЕДНИЦЕ ПРАКСЕ ЗА ЗАШТИТУ**

Заједнице праксе су групе људи које деле заједничка интересовања за посао који обављају, који интерагују како би омогућили да њихови послови буду бољи и безбеднији. У овом делу приказане су основне карактеристике заједница праксе, њихови атрибути (индикатори), животни циклус, фактори успеха и одговарајући елементи комуникационе платформе за управљање заштитом. Заједница праксе за заштиту може значајно да умањи трошкове који се односе на заштиту и учење о заштити у компанијама.

#### **5.3.1. Карактеристике заједнице праксе**

Заједница праксе се дефинише у три димензије: домен, заједница и пракса (*Serrat, 2008*). Домен дефинише област заједничког интересовања. Заједница дефинише везе између чланова и начин на који се реализује припадност заједници. Пракса се дефинише помоћу знања, метода, случајева, прича, алата и докумената.

Знање о заштити је дефинисано друштвеним учешћем, радним условима и интерпретацијом активности запослених на радном месту; то значи да је знање о заштити динамичког карактера и да се дефинише у заједници праксе.

Знање је интегрисано и дистрибуирано у заједници праксе, а учење захтева припадање и учешће у активностима и развоју саме заједнице. Учење о заштити је колаборативна и друштвена активност у заједницама праксе.

Пракса се реализује применом знања. Заједница се третира као друштвена фабрика учења, или „контејнер“. Основни атрибути заједнице праксе приказани су у табели 5.3.

Табела 5.3. *Општи атрибути заједница праксе (Serrat, 2008)*

Домен	Заједница	Пракса
Заједнички домен	Омогућавање слободне размене података, информација и знања	Непрекидна комуникација
Жеља за дељењем знања о послу	Уклањање комуникационих баријера	Различити састанци
Жеља за учењем	Неформално друштвено окружење	Пристап комуникационој платформи
Укључивање и корист од учествовања	Успостављање веза и умрежавање	

Заједница обезбеђује размену података, информација и знања, а то је начин да се уклоне комуникационе баријере између учесника у процесу. То је неформално друштвено окружење које омогућава успостављање веза и умрежавање, размену искустава и идеја, односно одговарајуће радно окружење за мрежу знања. Пракса је омогућена коришћењем комуникационе платформе, која омогућава непрекидну комуникацију, различите састанке и комуникационе услуге.

Постоје различити начини за имплементирање заједница праксе, али са становишта прикупљања информација и повезивања људи, постоје следеће заједничке карактеристике: (1) то су колаборативне мреже, (2) засноване су на жељи чланова да учествују, (3) фокусиране су на учење, размену знања и решавање проблема у заједничком домену.

За надгледање и процењивање заједнице праксе, неопходно је процењивање следећих карактеристика: *успостављање веза* (мрежни састанци, дискусије, мрежни профили); *механизми колаборације* (веб конференције, инстант поруке, колаборативно управљање документима, учење); *размена знања и учење* (обавештења, експертска база података, алати за претраживање, банке идеја, гостујући предавачи, прегледање акција, базе података); и *бележење и складиштење знања* (алати за електронско учење, практични водичи, презентације, блогови, веб линкови, мрежно доступни материјали) (Serrat, 2008).

Заједнице праксе се разликују од осталих форми организовања људи, зато што им је основни циљ развој способности и могућности чланова, креирање и размена знања, уз самостално (добровољно) укључивање чланова, приврженост и жеља за идентификацијом са експертизом групе у временском интервалу који је одређен постојањем интереса за одржавањем заједнице (на основу (*Wenger & Snyder, 2000*)).

### 5.3.2. Фактори успеха заједнице праксе о заштити

Фактори успеха заједнице праксе су приказани у табели 5.4 (*Serrat, 2008*). Постоје одређени фактори који су значајни на стратешком нивоу, и одређени који су искључиво практичног карактера.

Табела 5.4. *Фактори успеха заједница праксе (Serrat, 2008)*

Вредност заједнице праксе	Фактори успеха
Идентификација, креирање, складиштење, дељење и примена знања	<b>Активности</b> - значајане за чланове и домен проблема <b>Култура</b> - жеља за дељењем и колаборацијом
Поједностављивање процеса учења	<b>Управљање</b> - јасне улоге и очекивања
Омогућавање професионалног развоја нових запослених	<b>Подстицаји</b> - жеља за учешћем
Спречавање потребе за „измишљањем топле воде“	<b>Информациона технологија</b> - одговарајући комуникациони медијум који додаје вредност и помаже ширењу знања
Брже решавање проблема и одговора за захтеве	<b>Мерење</b> - како знати да је заједница праксе успешна
Приказивање примера добре праксе	<b>Чланство</b> - укључивање експерата
Извор нових идеја	<b>Награде и препознатљивост</b> - организационо окружење се модификује како би се подржало учешће
Омогућавање убрзаног учења	<b>Стратешки значај</b> - стратешки значај домена у организацији
Повезивање учења и акција	
Побољшање организационих перформанси	<b>Време</b> - чланови имају довољно времена да учествују у активностима заједнице

Одређени фактори успешности заједнице праксе приказани су у (*Wenger and Snyder, 2000*). Најзначајнији фактори успеха су активности које се односе на чланове и домен заштите, став о дељењу и сарадњи, дефинисање јасних улога и очекивања, жеља запосленог да учествује и размењује знање, механизам награђивања и организационог прилагођавања за подршку учешћу, као и различито организовање посла како би се члановима омогућило довољно времена да учествују у активностима заједнице.

У (*Scarso et al., 2002*) су приказане основне компоненте заједнице на основу четири стуба (организациони, когнитивни, економски и технолошки). Другачија

класификација, заснована на четири фактора (техничко-технолошки, људски, организациони и фактор окружења), дефинисана је на основу критеријума квалитета заштите приказаних у (*Janačković et al., 2011*). Остали индикатори дефинишу се на основу специфичних карактеристика заједнице праксе о заштити, које су усмерене на учење, комуникацију и координацију између чланова, дељење знања и решавање проблема у домену заштите.

Технички фактор описује техничко-технолошки део заједнице праксе. Односи се на примену технологија за управљање знањем, расположивост и учестаност отказа коришћене платформе, инфраструктурне трошкове, трошкове одржавања, функционалност технологија подршке, интензитет примене технолошке платформе, број заштитних нивоа у систему, поузданост платформе, као и једноставност примене.

Људски фактор односи се на утицај људи на ефикасност заједнице праксе. То се преваходно односи на степен нарушавања радних процедура, пошто учествовање у заједници праксе подразумева додатне активности и време, степен иновативности запослених и њихов индекс задовољства, вештине комуникације и извештавања, личне вештине и знања, ниво тимског рада запослених, проценат запослених који активно учествује у раду заједнице праксе, као и посебне улоге чланова (лидери, подршка, чланови и слично).

Организациона подршка је веома значајна за ефикасност заједнице праксе. Односи се на разлике у нивоу обуке појединачних чланова, просечно радно искуство, број докумената о примењеним мерама заштите, број упутстава о заштити запослених, број докумената о претходним удесним догађајима и местима са повећаним ризиком, број особа задужених за подршку, број непосредних састанака чланова, веза са постојећом организационом инфраструктуром, награђивање запослених за активно учешће и допринос раду заједнице, као и ниво умрежавања у организацији и између организација.

Окружење дефинише посебна ограничења за рад заједница праксе. Формално потврђивање значаја је јако важно. Утицај на рад има и ниво имплементираних законодавства, развој технологија заштите, број расположивих база података о несрећама и инцидентима, број расположивих фондова, имплементираних стандарда квалитета и стандарда заштите, као и осталих необавезних препорука које дефинишу струковна и остала удружења са циљем да се побољша систем заштите.



## 5.4. ОДЛУЧИВАЊЕ

Одлучивање је процес идентификовања и избора алтернатива на основу вредности и преференција доносиоца одлуке. Одлучивање подразумева разматрање различитих алтернатива, и то највећег могућег броја, како би се од њих изабрале оне које најбоље одговарају појединачним циљевима, препорукама и жељама (*Harris, 1980*).

### 5.4.1. Системски приступ одлучивању

Сам процес одлучивања се разматра у контексту организације као целине или неких њених саставних делова. Организација се у ужем смислу сматра системом човек-машина, уз посебно разматрање специфичних организационих фактора и фактора окружења. Циљ је идентификовање најбољег решења у условима постојања различитих ограничења (технолошких, људских, организационих или дефинисаних у окружењу). За заштиту је посебно битан избор најбоље акције или мере, уз дефинисане услове у окружењу, ограничене људске, техничке и организационе ресурсе.

Постоје три врсте одлучивања:

- Одлучивање при извесности, када су познате све чињенице које описују стања проблема који се разматра;
- Одлучивање при ризику, када је стање проблема непознато у потпуности, али су идентификоване одређене емпиријске или објективне карактеристике, које доносилац одлуке примењује да би појединачним стањима придружио вероватноћу појаве;
- Одлучивање при неизвесности, када је стање појаве непознато и када нису познате све информације на основу којих се могу дефинисати вероватноће наступања појединих стања.

Према (*Rove, 1974*), одлука се дефинише на основу информација из окружења или организације, личних потреба, понашања групе и дефинисаних задатака/функција. То значи да модел укључује и нешто више од дефинисаног броја фаза или активности. На доносиоца одлуке утичу спољашњи подстицаји или ситуација, личне потребе и карактеристике, односно организациони и лични притисци, док је формулација проблема дефинисана анализом, примењеним техникама и личном комуникацијом, уз примену података, информација и запажања. Одлука се доноси проценом ризика, вредности индикатора и постојања ресурса, као и решавањем конфликтних ситуација, избором најбољих алтернатива на основу једног или више критеријума, као и

испуњавањем обавеза. Последице се анализирају, са становишта цене, нивоа друштвене одговорности и прихватљивог нивоа ризика, а повратне информације се користе да би се адаптирао и побољшао систем, као и искористили нови подаци за будућа разматрања.

#### **5.4.2. Процес одлучивања**

Уколико се процес третира као скуп међусобно повезаних и/или зависних акција, које воде ка циљу, може се дефинисати општи модел одлучивања као процес којим појединци или групе доносе одлуке.

Према (*Baker et al., 2001*), одлучивање почиње идентификовањем доносиоца одлуке и заинтересованих страна у одлучивању, смањењем могућег неслагања о дефиницији проблема, захтева, циљева и критеријума избора. Процес одлучивања се састоји од следећих корака:

- Дефинисање проблема – идентификовање граница система, узрока, граничних и ограничавајућих вредности, као и специфичних заинтересованих страна, како би се јасно дефинисао проблем и описали иницијални услови, односно жељено стање; сложени проблеми захтевају детаљнију анализу и опис, а поступак идентификовања проблема и ограничења често је интеративан процес;
- Утврђивање захтева – одређивање услова које мора да испуњава решење проблема, што су заправо ограничења којима се описује скуп дозвољених (прихватљивих) решења проблема; значајан је корак, чак и онда када се ради са субјективним проценама и оценама експерата, па се захтеви дефинишу у квантитативном облику, како би решење могло јасно да се анализира;
- Дефинисање циљева – циљеви су изјаве о намерама и жељеним прихватљивим вредностима, уз дефинисање минималних прихватљивих вредности; захтеви су ограничења, док су циљеви жеље, које међусобно могу бити у конфликту (на пример, цена и ефикасност мера заштите);
- Идентификовање алтернатива – алтернативе пружају различите приступе решавању проблема, односно различите утицаје на иницијално стање, како би се дошло до жељеног стања; све алтернативе морају да испуњавају одређене услове и ограничења, а број алтернатива је коначан; оне које не испуњавају услове, не смеју бити узете у разматрање; скуп алтернатива представља скуп решења која испуњавају ограничења која дефинишу захтеви;

- Дефинисање критеријума – критеријуми одлучивања, на основу којих се врши разматрање алтернатива или акција, заснивају се на циљевима; они представљају објективне мере којима се описују циљеви и којима се вреднују појединачне алтернативе, са становишта испуњености циљева; циљеви се описују помоћу критеријума, тако да чак и сложени циљеви морају да се представе коначним, малим бројем критеријума за селекцију алтернатива; сродни критеријуми се групишу у посебне скупове, којима се описују одређени елементи или компоненте целокупног циља (на пример, техничко-технолошки фактори ефиканости система заштите), чиме се поједностављује структура уколико постоји велики број критеријума одлучивања; груписањем се поједностављује опис проблема, као и поступак одређивања тежина појединачних критеријума, а самим тим и разумљивије приказивање решења; обично се за описивање проблема користе критеријуми (атрибути), подкритеријуми и алтернативе (*UK DTLR, 2001*);
- Селектовање метода одлучивања – зависи од циљева одлучивања, а сложени проблеми захтевају и сложене поступке анализе и методе одлучивања;
- Процена алтернатива на основу критеријума и изабраног метода – на основу расположивих података о алтернативама, процењује се испуњеност захтева описана критеријумима; оцењивање може бити објективно (засновано на чињеницама, подацима), засновано на јасно дефинисаној скали (на пример, уложени новац или време) или субјективно (експертско оцењивање, засновано на личним искуствима или преференцијама процењивача); на основу оцена, применом метода одлучивања рангирају се алтернативе и бира најбоља од њих.

У (*Baker et al., 2001*), истиче се да критеријуми треба да: омогућавају описивање разлике између алтернатива и поређења перформанси алтернатива; буду потпуни, како би обухватили све циљеве; оперативни, смислени и независни; да их буде мали број, како би могли да се стално прате и анализирају.

#### **5.4.3. Проблем одлучивања**

Анализа проблема одлучивања представља скуп логичких правила, методологија, детаљних процедура и поступака којима се омогућава системско и формално разматрање проблема одлучивања, уз могућност примене потребних концепата у

практичном смислу. То је формализовани поступак који има за циљ повећање разумевања и могућности управљања у условима које дефинише дато окружење.

Одлучивање се разматра тројако, уз анализирање доносиоца одлуке, самог процеса одлучивања и саме одлуке. У процесу одлучивања може да учествује једна или више особа. Уколико једна особа учествује, на основу (*Harrison, 1987*), то значи да је та особа иницирала одређену акцију како би се фаворизовала одређена акција, стање, појава, активност, ентитет или догађај, те да је та акција неопходна да се изведе или да је особа извршила процену ситуације и свих могућих алтернатива и на основу тога изабрала одређену акцију.

#### **5.4.4. Врсте одлучивања**

С обзиром на број критеријума одлучивања постоје једнокритеријумско и вишекритеријумско одлучивање. У оквиру вишекритеријумског одлучивања разликују се вишеатрибутно одлучивање или вишекритеријумска анализа и вишециљно одлучивање.

##### **5.4.4.1. Једнокритеријумско одлучивање**

Процес одлучивања у коме се за избор најбоље алтернативе примењује један критеријум је једнокритеријумско одлучивање. Проблем се описује помоћу једног критеријума или јединствене мере (агрегатне мере), као што је цена, очекивани ниво ризика или време извршавања процеса.

Одлучивање се заснива на избору оне алтернативе или акције која има најбољу вредност појединачног критеријума или агрегатне мере. Оптимизација се обавља тако што функција циља представља јединствени критеријум, док су ограничења захтеви постављени за појединачне алтернативе. Зависно од облика и начина описивања проблема оптимизације, примењују се различите технике за добијање решења: линеарно програмирање, нелинеарно програмирање, дискретна оптимизација и слично.

##### **5.4.4.2. Вишекритеријумско одлучивање**

Уколико се приликом разматрања алтернатива примењује већи број критеријума, ради се о вишекритеријумском одлучивању.

Размотримо проблем вишекритеријумског одлучивања, у коме постоји  $n$  критеријума и  $m$  алтернатива. Са  $C_1, \dots, C_n$  означимо критеријуме, а са  $A_1, \dots, A_m$  алтернативе. Схема

одлучивања (слика 5.9) описује проблем одлучивања, тако што свака колона представља критеријум, док свака врста представља показатељ, перформансу или алтернативу. Вредност  $a_{ij}$  означава перформансу алтернативе  $A_j$  у односу на критеријум  $C_i$ .

Сваки критеријум има одређену тежину  $(w_1, \dots, w_n)$ , које су у табlici одлучивања додељене критеријумима. Тежине описују релативан значај или утицај критеријума на одлуку или постизање циља, и то у позитивном смислу. Тежине могу бити одређене субјективно, као мишљење или став једног доносиоца одлуке или као агрегација мишљења више експерата у групном одлучивању.

На схеми одлучивања алтернативама се придружују вредности  $x_1, \dots, x_n$ , које се користе у методима вишеатрибутивног одлучивања за рангирање алтернатива, при чему виши ранг значи боље перформансе.

		$w_1$	·	·	$w_n$
		$C_1$	·	·	$C_n$
$x_1$	$A_1$	$a_{11}$	·	·	$a_{m1}$
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
$x_m$	$A_m$	$a_{m1}$	·	·	$a_{mm}$

Слика 5.9. *Схема на основу које се обавља одлучивање*

Вишекритеријумско одлучивање се односи на ситуације у којима постоји већи број критеријума, од којих неки могу бити и конфликтни. Класичне методе оптимизације примењују само један критеријум приликом одлучивања, чиме се знатно поједностављује анализирани проблем. Према (Џурић, Тумала, Сукновић, 2003), постоје:

- Вишеатрибутивно одлучивање, односно вишекритеријмска анализа, код које су критеријуми одређени на основу атрибута, уз имплицитно дефинисан циљ, ограничења описана атрибутима, коначан број акција (алтернатива); основна примена је избор или оцењивање алтернатива;
- Вишециљно одлучивање, код кога је критеријум дефинисан циљевима, атрибути су имплицитни, циљ експлицитан, ограничења активна, акција има бесконачан број, а интеракција са доносиоцем одлука изразита; примена је пројектовање.

### 5.4.4.3. Вишекритеријумска анализа

Атрибут је средство оцењивања једног критеријума или циља. Већи број атрибута описује сваку акцију (алтернативу), а бирају се на основу критеријума које одређује доносилац одлуке. Атрибути се називају често и индикатори, перформансе, компоненте, фактори, својства, особине, карактеристике и слично.

Приликом вишекритеријумске анализе алтернативе се описују помоћу две врсте атрибута: квантитативних и квалитативних атрибута.

У поступку решавања проблема вишекритеријумске анализе, по потреби, треба предузети и следеће активности (Чупић, Сукновић, 2010):

- Квантификацију квалитативних атрибута
- Нормализацију вредности атрибута
- Линеаризацију атрибута
- Дефинисање тежинских коефицијената критеријума

За превођење квалитативних вредности атрибута у квантитативне најчешће се примењује интервална петостепена скала на начин приказан у табели 5.5.

Табела 5.5. Превођење квалитативних у квантитативне атрибуте (Чупић, Сукновић, 2010)

Квалитативна оцена	Лош	Добар	Просечан	Врло добар	Одличан	Тип критеријума
Квантитативна	1	3	5	7	9	max
оцена	9	7	5	3	1	min

Нормализацијом се врши „уједначавање“ вредности атрибута. Израчунавање нормализованих вредности атрибута (елемената таблице одлучивања, слика 5.9) врши се на следећи начин:

-код атрибута типа *max*:

$$a_{ij}^{(n)} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots 5.1.$$

-код атрибута типа *min*:

$$a_{ij}^{(n)} = 1 - \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots 5.2.$$

где је  $a_{ij}$  – вредност  $j$ -тог атрибута по  $i$ -тој алтернативи.

Линеаризација се врши са циљем свођења вредности атрибута на интервал (0,1) и превођења различитих јединица мере у неименован број, на следечи начин:

-код атрибута типа *max*:

$$a_{ij}^{(l)} = \frac{a_{ij}}{\max_i a_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots 5.3.$$

-код атрибута типа *min*:

$$a_{ij}^{(l)} = \frac{\min_i a_{ij}}{a_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots 5.4.$$

Онда када је неопходно одредити релативан значај појединачних атрибута, дефинишу се тежине сваког од њих, па се за  $n$  критеријума дефинише одговарајући вектор тежина

$$t^T = (t_1, t_2, \dots, t_n), \quad \text{при чему за све тежине важи да је } \sum_{j=1}^n t_j = 1.$$

Стандардни метод за одређивање значаја појединачних алтернатива или атрибута је метод сопствених вектора, а могу се примењивати и други методи, као што је метод ентропије.

#### 5.4.5. Методи вишекритеријумске анализе

Једна од могућих подела метода вишекритеријумске анализе приказана је у табели 5.6. Постоје елементарни методи, методи са јединственим систематизовањем критеријума и методи вишег ранга.

Табела 5.6. *Најчешће коришћени методи вишекритеријумске анализе (према Ustinovichius et al., 2007)*

Категорије	Методи одређивања тежина
Елементарни методи	Доминантност, Maximin, Maximax, Конјунктивни, Дисјунктивни, Лексикографски, Елиминација према аспектима, Тежински адитивни, Тежински мултипликативни
Јединствено систематизовање критеријума	Аналитички хијерархијски процес (АНП), TOPSIS, SMART, Сива релациона анализа, Вишеатрибутна вредносна теорија (MAVT), Вишеатрибутна теорија корисности (MAUT), Адитивна теорија корисности (UTA), Аналитички мрежни процес (ANP)
Методи вишег ранга	ELECTRE (I, II, III, IV), PROMETHEE (I, II), ORESTE

### 5.4.5.1. Елементарни методи

Елементарни методи су једноставни, прилагођени за једног доносиоца одлуке, који на располагању има мањи број алтернатива и критеријума, што се ретко догађа у системима заштите.

Доминантност или доминација алтернативе  $a$  у односу на алтернативу  $b$  представља описивање односа између алтернатива помоћу вредности према критеријумима

$$v_i(a) \geq v_i(b) \dots\dots\dots 5.5.$$

уз услов да за бар један критеријум важи стриктно већа вредност. Једна алтернатива доминира над другом уколико је по свим атрибутима макар једнака другој, а бар по једном критеријуму је боља од друге. Алтернативе које нису „лошије“ од свих осталих називају се доминантним или ефикасним алтернативама.

Метод *maximin* заснован је на потреби избегавања најгоре могуће алтернативе, уз избор најбоље алтернативе на основу максимума најгорих вредности по критеријумима. Алтернатива за коју најлошији критеријум има највећу вредност сматра се најбољом. Овај метод може се примењивати само уколико су сви критеријуми упоредиви и уколико се за њих примењује јединствена скала, што је ограничење код примене овог метода.

Према *maximax* методу, бира се она алтернатива за коју најбољи критеријум има највећу вредност (Ћипрић, Tummala, Suknović, 2003).

*Конјунктивни и дисјунктивни метод* захтевају да алтернативе имају прихватљиве вредности, а не најбоље вредности за сваки критеријум. Конјунктивни метод захтева да алтернатива превазиђе минимални праг перформанси за све критеријуме. Дисјунктивни метод захтева да алтернатива има вредност већу од прага за макар један критеријум. Све алтернативе, које не испуњавају услов, искључују се из даљег разматрања. Оваква селекција алтернатива може бити корисна полазна тачка за разматрање применом неког другог метода одлучивања, или се примењивати приликом дефинисања захтева у процесу одлучивања.

Применом *лексикографског метода* критеријуми се рангирају према значају, а алтернатива са најбољим перформансама према најзначајнијем критеријуму представља најбољу алтернативу. Уколико више алтернатива има исте перформансе према посматраном критеријуму, анализирају се према првом следећем критеријуму према значају. Поступак се понавља све док се не изабере једна алтернатива, која се проглашава најбољом.



Метод елиминације према аспектима елиминира све оне алтернативе које не задовољавају унапред дефинисани стандард или правило. Поступак се понавља тако што се примењује елиминисање према следећем критеријуму, све док не преостане само једна алтернатива.

Адитивни тежински модел се заснива на процени  $m$  алтернатива помоћу  $n$  критеријума одлучивања, али само онда када су сви подаци изражени истим јединицама мере. Укупан значај алтернативе  $A_i$  у односу на све критеријуме дефинише се као

$$value(A_i) = \sum_{j=1}^n w_j a_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m \dots \dots \dots 5.6.$$

где је  $w_j$  тежина која описује значај појединачног критеријума  $C_j$ , док је  $a_{ij}$  вредност перформансе алтернативе у односу на појединачни критеријум. Најбоља алтернатива је она која има максималну  $value(A_i)$  вредност.

Мултипликативни тежински модел је сличан адитивном моделу, али се уместо сабирања примењује операција множења за одређивање значајности алтернативе на основу дефинисаних критеријума. Коначан скуп алтернатива описује се коначним скупом критеријума, а свака алтернатива се пореди са другима, уз множење вредности односа за сваки критеријум одлучивања. Однос се диже на степен еквивалентан релативној тежини одговарајућег критеријума. За проблем одлучивања дефинисан за  $m$  алтернатива и  $n$  критеријума, релативан односе две алтернативе  $A_k$  и  $A_l$  према критеријуму  $C_j$  одређује се као

$$value(A_k/A_l) = \prod_{j=1}^n (a_{kj}/a_{lj})^{w_j}, \quad k, l = 1, 2, \dots, m \dots \dots \dots 5.7.$$

где је  $w_j$  тежина која описује значај појединачног критеријума  $C_j$ , док је  $a_{ij}$  вредност перформансе алтернативе у односу на појединачни критеријум. Уколико  $value(A_k/A_l)$  има вредност већу од 1, то значи да је алтернатива  $A_k$  према критеријуму  $C_j$  боља у односу на алтернативу  $A_l$ . Најбоља алтернатива је она за коју је вредност  $value(A_k/A_l)$  већа од 1 при поређењу са свим осталим алтернативама. Ово поређење је бездимензионално. Зато је неопходно да се пореде величине које су исте по природи.

#### **5.4.5.2. Методи са јединственим систематизовањем критеријума**

Заједничка карактеристика ових метода је јединствени поступак одређивања редоследа алтернатива применом већег скупа критеријума класификованих или систематизованих на одређени начин.

Библиографском анализом утврђена је доминантност примене аналитичког хијерархијског процеса (Analitical Hierarchy Process - АНР), његове варијанте уз примену расплнутих (фази) бројева, као и аналитичког мрежног процеса (Analitical Network Process - ANP) у односу на остале методе (*Shi et al, 2014; Valipour et al., 2013; Aminbakhsh et al., 2013; Caputo et al., 2013; Janačković et al., 2012, 2013; Janačković, 2013a, 2013b, 2013c, 2013d; Ismail & Somarin, 2012; Zheng et al., 2012; Shapira & Simcha, 2009; Dağdeviren et al., 2008; Bozbura et al., 2007; Dağdeviren et al., 2008a; Srdjevic & Medeiros, 2008; Levy & Taji, 2007*).

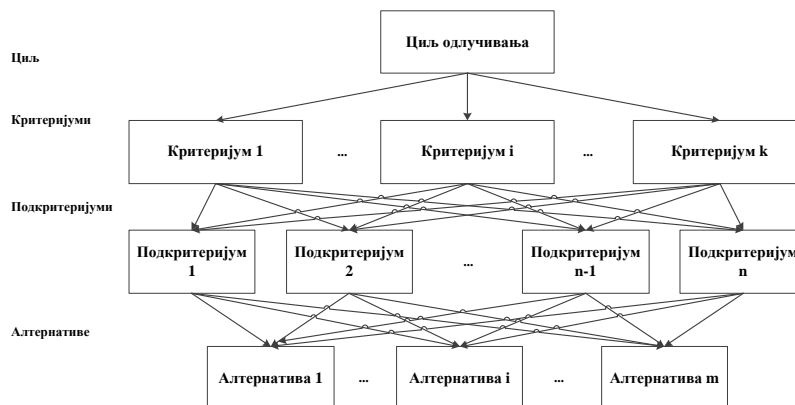
#### ***Аналитички хијерархијски процес***

Метод аналитичког хијерархијског процеса примењује се у ситуацијама у којима постоји већи број критеријума или доносилаца одлуке, када је неопходно изабрати алтернативу која ће на најбољи начин да испуни циљ на основу захтева дефинисних посебним критеријумима. На основу концепта баланса одређује се релативна значајност скупа атрибута, критеријума или активности.

Сваком критеријуму додељују се одређене тежине, на основу којих се евалуирају атрибути на најнижем нивоу хијерархије. Процес примене АНР метода се обавља у четири корака: (1) Структурирање проблема, уз дефинисање циља, хијерархије критеријума, атрибута и алтернатива, и њихово уређивање у хијерархијску структуру у облику стабла; (2) Прикупљање података, који се односе на критеријуме, атрибуте и алтернативе које се пореде; (3) Одређивање и оцењивање релативних тежина елемената на свим нивоима у дефинисаном стаблу одлучивања; (4) Избор оптималног решења за дефинисани циљ.

Фаза структурирања проблема састоји се од разлагања сложеног проблема одлучивања и формирања хијерархије у облику стабла, у коме сваки ниво представља одређени скуп критеријума или алтернатива примењених у одлучивању. Сложени реални проблеми се могу на овај начин декомпоновати и једноставније описати помоћу скупа најзначајнијих, кључних атрибута за постизање дефинисаног циља. На слици 5.10 приказана је хијерархијска структура одлучивања, заснована на циљу на највишем

нивоу, критеријумима који утичу на циљ на следећем нивоу, подкритеријумима на следећем нивоу (може бити више таквих нивоа), односно алтернативама на последњем нивоу хијерахијске структуре. Елементи било ког нивоа утичу на први следећи виши ниво у хијерахијском стаблу одлучивања.



Слика 5.10. Хијерахијска структура проблема у АНР методу

Друга фаза АНР метода почиње прикупљањем неопходних података. Проценитељ додељује оцене поређењем парова атрибута на истом хијерахијском нивоу, у односу на атрибуте непосредно вишег нивоа у хијерахији, односно како атрибуту једног нивоа утичу на први виши у хијерахији. Овакво поређење се обавља за све нивое хијерахије. Најчешће се користи скала од девет тачака (нивоа) за одређивање односа приликом поређења у паровима, а приказана је у табели 5.7.

Табела 5.7. Скала од девет тачака (нивоа) (Адаптирано према Saaty, 1972)

Скала	Опис
9	Најзначајније, најпожељније
7	Веома снажно ка веома значајном (пожељном)
5	Снажније више значајно (пожељно)
3	Слабије више значајно (пожељније)
1	Подједнако значајно (пожељно)

На основу скале, могуће је дефинисати међувредности или реципрочне вредности уколико је једна алтернатива релативно лошија у односу на другу алтернативу са којом се пореди у пару. Вредности не значе колико је једна алтернатива већа у односу на другу, већ колико више утиче на елемент у хијерахији који се налази на првом вишем нивоу хијерахије.

Проценитељ додељује тежине за сваки пар посебно, као меру којом се одређује колико је један атрибут значајнији од другог. Ако постоје објективни подаци, они се могу користити приликом поређења алтернатива и додељивања тежина. Такође, проценитељи могу примењивати субјективне процене, веровања или постојеће информације уколико не постоје објективне информације. Резултат овог корака је матрица поређења по паровима, која одговара сваком појединачном нивоу хијерархије. Трећа фаза је одређивање релативних тежина. Матрице поређења по паровима се преводе у сопствене вредности, да би се добили нормализовани сопствени вектори тежина за све атрибуте на свим нивоима хијерархије.

Претпоставимо да постоји  $n$  атрибута  $A_i$  са вектором тежина  $t=(t_1, t_2, \dots, t_n)$ . Вектор  $t$  дефинише релативан значај појединачних атрибута за остваривање циља. Матрица поређења по паровима садржи вредности поређења атрибута  $A_i$  и  $A_j$ , односно колико  $A_i$  доминира над  $A_j$ , што је описано односом  $t_i/t_j$ , и облика је:

$$A = (a_{ij}) = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} t_1/t_1 & t_1/t_2 & \dots & t_1/t_n \\ t_2/t_1 & t_2/t_2 & \dots & t_2/t_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_n/t_1 & t_n/t_2 & \dots & t_n/t_n \end{bmatrix} \end{matrix} \dots\dots\dots 5.7.$$

Матрица  $A$  је реципрочна, пошто за два елемента  $a_{ij}$  и  $a_{ji}$  важи:

$$a_{ij} = 1 / a_{ji} \dots\dots\dots 5.8.$$

Такође, за све елементе на главној дијагонали важи да је  $a_{ii} = 1$ .

Процена релативних тежина у АНР методу обавља се применом класичног апроксимативног метода (метод аритметичке средине), метода сопствених вредности или геометријског метода (*Ishizaka & Lusti, 2006*).

Класични апроксимативни метод заснован је на одређивању сума елемената у колони  $j$ , нормализацији колоне  $j$ , а затим одређивању средње вредности свих елемената у врсти  $i$ , односно:

$$value(column_j) = \frac{t_1}{t_j} + \dots + \frac{t_i}{t_j} + \dots + \frac{t_n}{t_j} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_j} \dots\dots\dots 5.9.$$

$$norm\_value(column_j) = \frac{t_i/t_j}{(\sum_{i=1}^n t_i)/t_j} = \frac{t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \dots\dots\dots 5.10.$$

Нормализовани вектор тежина,  $t=(t_1, t_2, \dots, t_p)$  може се одредити решавањем проблема највеће сопствене вредности (Saaty, 1980, 2005):

$$A t = n t. \dots\dots\dots 5.11.$$

где је  $n$  димензија матрице  $A$ . Ако су дијагонални елементи матрице  $A$  једнаки 1 ( $a_{ii} = 1$ ) и ако је  $A$  регуларна матрица ( $\det A \neq 0$ ), мале промене вредности елемената не утичу на промену највеће сопствене вредности  $\lambda_{max}$ , при чему су остале сопствене вредности блиске нули. Уместо (5.11), примењује се следећи еквивалентни израз за одређивање вредности вектора  $t$ :

$$A t = \lambda_{max} t. \dots\dots\dots 5.11.$$

Добијени вектор  $t$  није нормализовани вектор. Уколико се дефинише вредност  $alpha = \sum_{i=1}^{i=n} t_i$ , заменом вредности  $t_i$  са  $t_i / alpha$  добија се нормализовани вектор за одређивање релативног значаја критеријума, атрибута или алтернатива  $A_1, A_2, \dots, A_n$ . Crawford & Williams (1985) описали су поступак одређивања тежина применом геометријске средине, која омогућава минимизацију логаритамске грешке:

$$l\_error = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left( \ln(a_{ij}) - \ln\left(\frac{t_i}{t_j}\right) \right)^2 \dots\dots\dots 5.12.$$

при чему се добијају тежине као геометријске средине елемената врста матрице  $A$ :

$$w_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{1/n}, \quad i = 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots 5.13.$$

Да би матрица поређења по паровима била у потпуности конзистентна, неопходно је да буду задовољени следећи услови:

- $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik} (\forall i, j, k)$ ,
- $\lambda_{max} = n$ ,
- $CI = 0$ .

То у реалној ситуацији није могуће остварити, пошто је  $\lambda_{max} > n$ , па се за потребе провере конзистентности уводи однос конзистентности. Однос конзистентности ( $CR$ ) дефинише се као количник индекса конзистентности матрице поређења и случајног индекса ( $RI$ ):

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots 5.14.$$

Индекс конзистентности ( $CI$ ) је мера одступања  $n$  од максималне сопствене вредности:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots 5.15.$$

Случајан индекс (*RI*) одређује се као просечна вредност индекса конзистентности *CI* за случајно генерисане матрице које садрже вредности из Сатијеве скале. Различити методи случајног генерисања приказани су, између осталог, у (*Alonso, Lamata, 2006*). Вредности *RI* израчунате су за вредности *n* до 15, и приказане у табели 5.8. Вредности *CR* мање од 0,10 сматрају се задовољавајућим, односно матрица поређења по паровима је исправно креирана, а процене алтернатива су конзистентне.

Табела 5.8. Вредности индекса *RI* за различите димензије матрица поређења по паровима (*Alonso, Lamata, 2006*)

<i>n</i>	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI(n)</i>	0,500	0,834	1,046	1,178	1,267	1,326	1,369	1,406
<i>n</i>	11	12	13	14	15			
<i>RI(n)</i>	1,433	1,456	1,474	1,491	1,501			

Последња фаза АНР метода је креирање композитног нормализованог вектора. Уколико постоји више нивоа у хијерархији, композитни вектор нормализованих тежина одређује се множењем вектора тежина свих нивоа. Елементи композитног вектора су вредности којима се описује значај појединачних ентитета на најнижем нивоу за постизање циља дефинисаног највишим нивоом хијерархије.

### **Аналитички мрежни процес**

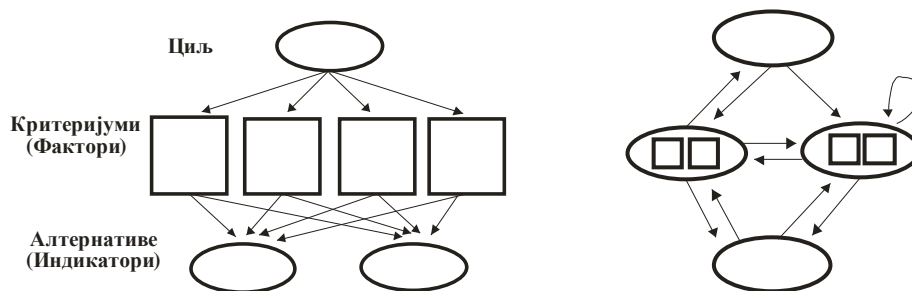
Аналитички мрежни процес је општији метод за одређивање значајности алтернатива и критеријума у односу на аналитички хијерархијски процес, уз коришћење више критеријума.

Једно од ограничења АНР метода је примена хијерархијске структуре приликом описивања проблема, у облику циља, критеријума одлучивања и алтернатива. АНР као структуру користи мрежу, у којој се применом метода поређења у паровима одређују тежине компоненти у структури, а затим рангирају алтернативе.

АНР стабло одлучивања креира се тако што се елементи у једном нивоу пореде у паровима према значају утицаја на елемент на првом следећем вишем нивоу. Остале зависности између критеријума и алтернатива се игноришу, а не разматра се међусобан

утицај алтернатива, као ни ефекти алтернатива на критеријуме. У реалним примерима такве зависности су могуће, а често је јако важно узети их у разматрање (на пример, утицај других алтернатива, као што је конкуренција, на постизање циља).

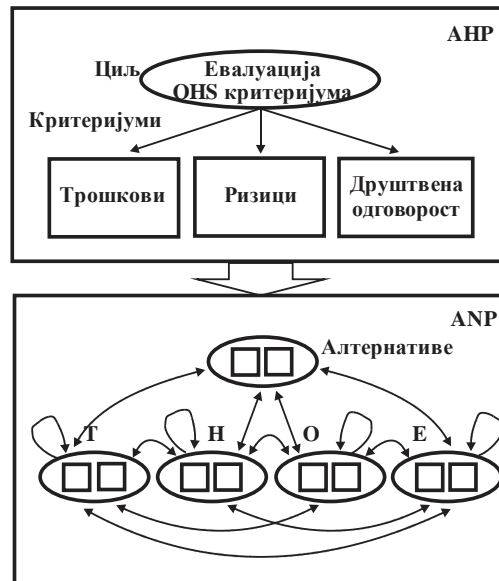
Грана у АНР представља зависност између два елемента у АНР хијерархији, или како одредиште гране утиче на почетну тачку те гране. У АНР, постоји сложена међусобна релација између критеријума и алтернатива. Два типа зависности између алтернатива може да се дефинише: унутрашње и спољашње зависности. Елементи се могу груписати у кластер. Унутрашње зависности између елемената кластера се описују петљама (повратним гранама). Спољашње зависности се приказују двоструким гранама између два зависна кластера (приказана на слици 5.11 помоћу две гране).



Слика 5.11. Аналитички хијерархијски процес (лево) и аналитички мрежни процес (десно)

АНР анализа се састоји од четири основна корака (Saaty, 1996, 2005; Saaty, Vargas, 2006): (1) конструисање модела и структурирање проблема; (2) квантификовање елемената на основу селектованих критеријума (поређење у паровима) и одређивање вектора приоритета; (3) формирање суперматрица (основне, тежинске и граничне матрице); и (4) синтеза резултата (одређивање финалних тежина) и селектовање најбољих алтернатива на основу рангирања алтернативних система.

Сложени процес одлучивања заснива се обично на користи, могућностима, трошковима и ризицима (benefits (B), opportunities (O), costs (C), risks (R) - BOCR). Посебно је важно утврђивање контролних критеријума и подкритеријума у управљачкој хијерархији, како би се одредили њихови приоритети на основу матрица поређења у паровима. На слици 5.12 приказана је двонивоска структура одлучивања.



Слика 5.12. Двонивоска структура одлучивања - аналитички хијерархијски процес (први ниво) и аналитички мрежни процес (други ниво) (Јанаčković, 2013a)

Структура је заснована на идентификовању кључних управљачких ефеката на системе заштите применом АНР, уз дефинисање критеријума (трошкови, ризици и друштвена одговорност). У другом нивоу анализе примењује се АНР мрежа, у којој се рангирају кључни фактори који утичу на ефикасности система заштите (технички, људски, организациони и фактори утицаја окружења).

У овој анализи, подфактори у сваком од фактора могу бити међусобно зависни, а могу утицати и на различите начине на алтернативе. Такође, избор одређеног алтернативног система заштите (систем за управљање заштитом, интегрисани систем менаџмента, интегрисани систем заштите са интерактивним тимским радом и колаборацијом), може да има ефекте на факторе који се примењују приликом његове анализе. Због тога на слици постоје гране које су усмерене на обе стране. Постоје и повратне везе, како би се описале зависности у појединачним кластерима који описују одређене односе између појединачних индикатора у свакој од група.

Поступак примене аналитичког мрежног поступка (Saaty, 2005) је:

- Детаљно разматрање проблема одлучивања, идентификовање циљева, критеријума и подкритеријума, актера и њихових намера и преференција;
- Идентификовање управљачких критеријума и подкритеријума у управљачким хијерархијама, за корист, могућности, трошкове и ризике одлучивања, како би се дефинисали приоритети у матрици поређења у паровима; елиминисање свих



мање значајних критеријума (испод 3% или 2% значајности); постоји могућност интегрисања ризика у остала три управљачка критеријума;

- Одређивање скупа мрежних кластера (компоненти) и елемената који су значајни за све управљачке критеријуме; груписањем критеријума формирају се кластери, у којима критеријуми могу да утичу једни на друге (унутрашње везе) или на критеријуме из других кластера (спољашње везе);
- Конструисање суперматрице навођењем свих кластера и елемената у кластерима, а затим попуњавање вредностима поређењем у паровима;
- Поређење утицаја кластера једних на друге, у односу на посматрани управљачки критеријум; одређене тежине се уносе у одговарајући блок суперматрице; вредност 0 се наводи онда када не постоји утицај на наведени елемент;
- Одређивање граничних приоритета стохастичке суперматрице;
- Синтетизовање граничних приоритета одређивањем тежина за сваки идеализовани гранични вектор одређивањем тежина за сва четири управљачка критеријума (Benefits (B), Opportunities (O), Costs (C), Risks (R));
- Утврђивање стратешких критеријума за најбоље рангиране алтернативе (идеално решење); нормализовати вредности, како би се одредиле вредности вектора;
- Извршити анализу осетљивости, променом оцена или приоритета, и анализом промене редоследа алтернатива.

Уколико управљачки критеријум има мање од 2% глобалног приоритета, сматра се небитним, и неопходно га је елиминисати из анализе.

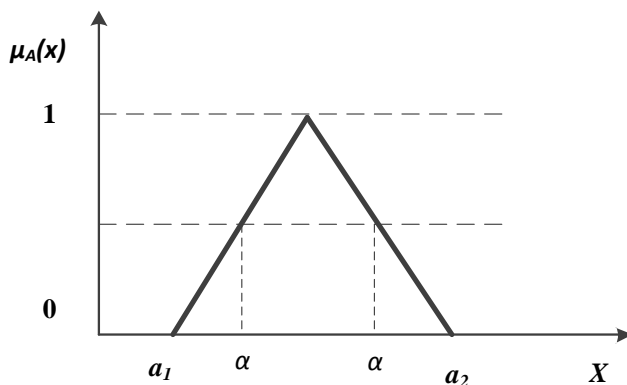
### ***Фази аналитички хијерархијски процес***

Основни недостатак аналитичког хијерархијског процеса је субјективност приликом оцењивања у току поређења по паровима и немогућност укључивања неизвесности у дефинисани хијерархијски модел. Проблем субјективности може се решити коришћењем реалних података као основе за поређење алтернатива, критеријума или аспеката, уколико такви подаци постоје. На основу реалних података, поређење у паровима је много објективније, а резултати реалнији. Чак и тада, неопходно је јасно дефинисати однос значаја алтернатива, које према вредностима не морају бити у

дефинисаном опсегу од 1 до 9. Уколико реални подаци не постоје, субјективност процеса је веома изражена.

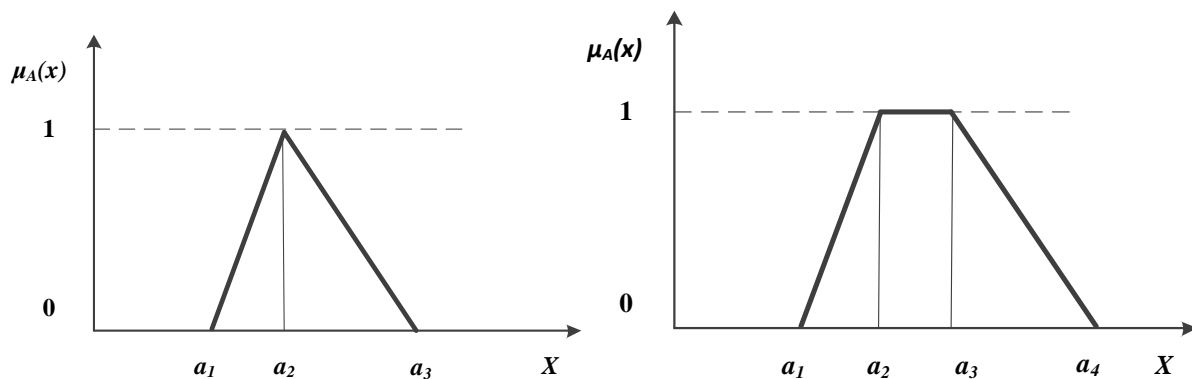
Фази аналитички хијерархијски процес (енг. Fuzzy Analytical Hierarchy Process, ФАНП) је напредни аналитички метод, настао услед ограничености АНР због немогућности уграђивања неизвесности и захтевности по питању прецизног дефинисања односа између две алтернативе које се пореде. Применом фази (расплинутих) бројева омогућава се увођење неодређености или толеранције у процес одлучивања и поређења (Deng, 1999; Buckley, 1985). Расплинути број омогућава да доносилац одлуке селекује алтернативу, тако да је она идентификована неком од вредности из дефинисаног опсега, како би се толерисала неодређеност.

Фази број је специјалан фази скуп  $F = \{(x, \mu_F(x)), x \in R\}$ , где је  $x \in (-\infty, +\infty)$ , док је  $\mu_F(x) : (-\infty, +\infty) \rightarrow [0, 1]$ , непрекидна функција. Фази број је нормализован и конвексан фази скуп описан интервалом поверења  $[a_1, a_2]$  и степеном сигурности  $\alpha$  (слика 5.13).



Слика 5.13. Расплинути (фази) број, интервал поверења и степен сигурности

Посебне класе фази бројева су троугаони и трапезоидни бројеви. Троугаони фази број је одређен функцијом припадности и описан уређеном тројком облика  $A = (a_1, a_2, a_3)$ , где је  $a_1$  доња (лева) граница фази броја,  $a_2$  вредност фази броја са највећим степеном припадности,  $a_3$  горња (десна) граница фази броја. Трапезоидни фази број је одређен функцијом припадности и описан уређеном четворком облика  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ . Највећи степен припадности има опсег вредности између  $a_2$  и  $a_3$ . На слици 5.14. приказани су троугаони и трапезоидни фази број.



Слика 5.14. Троугаони и трапезоидни фази број

Троугаони фази број може да се означи са  $M = (l, m, u)$ , док је функција припадности облика:

$$\mu_F = \begin{cases} (x-l)/(m-l), & x \in [l, m] \\ (u-x)/(u-m), & x \in [m, u] \\ 0, & \text{inače} \end{cases} \dots\dots\dots 5.16.$$

где је  $l \leq m \leq u$ ,  $l$  и  $u$  су доња и горња вредност подршке (енг. support)  $M$ , респективно, док је  $m$  модална вредност. Када је  $l=m=u$ , то је “обичан” број.

Слично, за трапезоидни фази број  $M = (a, b, c, d)$ , функција припадности је:

$$\mu_F = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & x \in [a, b] \\ 1, & x \in [b, c] \\ (x-c)/(d-c), & x \in [c, d] \\ 0, & x > d \end{cases} \dots\dots\dots 5.17.$$

Расплинути бројеви који се примењују у аналитичком хијерархијском процесу морају бити конвексни и нормализовани, односно да бар један члан фази скупа мора да има степен сигурности једнак 1.

Основни закони за извршавање математичких операција над два троугаона фази броја  $M_1$  и  $M_2$  су:

$$M_1 \oplus M_2 = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \dots\dots\dots 5.18.$$

$$\lambda \cdot M_1 = \lambda \cdot (l_1, m_1, u_1) = (\lambda \cdot l_1, \lambda \cdot m_1, \lambda \cdot u_1), \forall \lambda > 0 \dots\dots\dots 5.19.$$

$$M_1 \otimes M_2 = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2), l_1, l_2 > 0 \dots\dots\dots 5.20.$$

$$M_1^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1}\right) \dots\dots\dots 5.21.$$

Вредност фази синтетичке мере, према Chang-овом методу анализе (Chang, 1996),

дефинисана је као:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \dots \dots \dots 5.22.$$

где је  $M_{g_i}^j$  троугаони фази број који представља вредност анализе за елемент одлучивања  $i$  у односу на циљ  $j$ , док је  $\otimes$  оператор множења фази бројева.

Поступак одређивања значаја појединачних алтернатива и критеријума идентичан је стандардном аналитичком хијерархијском процесу, али је на крају неопходно извршити превођење расплнутих у обичне бројеве. Овај поступак назива се дефазификација, а обавља се применом различитих метода, од којих су најчешће примењивани приказани у даљем тексту.

Метод тоталне интегралне вредности, приказан у (Liou & Wang, 1992), омогућава да се за дати троугаони број  $M=(l, m, u)$ , тотална интегрална вредност одређује као:

$$I_T^\lambda(M) = 0.5(\lambda u + m + (1-\lambda)l), \quad \lambda \in [0, 1] \quad \dots \dots \dots 5.23.$$

где  $\lambda$  представља индекс оптимизма, који описује став доносиоца одлуке према ризику – мања вредност  $\lambda$  указује на виши ниво ризика (мањи ниво оптимизма).

Hsu & Nian (1997) разматрају дефазификацију у контексту индекса оптимизма  $\lambda$  и  $\alpha$ -пресека:

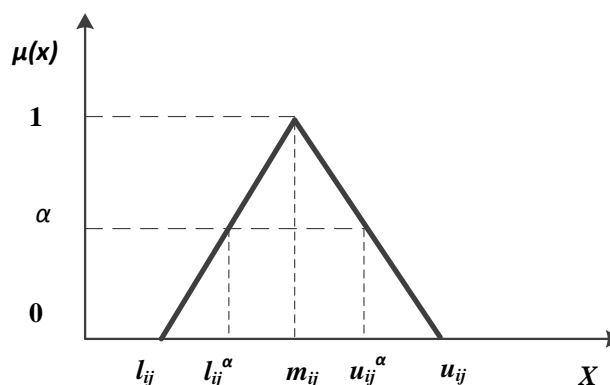
$$(a_{ij}^\alpha)^\lambda = (\lambda \cdot l_{ij}^\alpha + (1-\lambda) \cdot u_{ij}^\alpha), \quad 0 \leq \lambda \leq 1, \quad 0 \leq \alpha \leq 1, \quad \dots \dots \dots 5.24.$$

при чему се вредности  $u_{ij}^\alpha$  и  $l_{ij}^\alpha$  одређују на следећи начин:

$$l_{ij}^\alpha = (m_{ij} - l_{ij}) \cdot \alpha + l_{ij} \quad \dots \dots \dots 5.25.$$

$$u_{ij}^\alpha = u_{ij} - (u_{ij} - m_{ij}) \cdot \alpha \quad \dots \dots \dots 5.26.$$

и представљају леву и десну границу  $\alpha$ -пресека за  $\tilde{a}_{ij}$  фази број. Геометријска интерпретација  $u_{ij}^\alpha$  и  $l_{ij}^\alpha$  вредности приказана је на слици 5.15.



Слика 5.15. Троугаони фази број,  $\alpha$ -пресек и пресечне вредности

Метод центроида (центар гравитације, центар масе) су модификовали Tzeng & Teng (1993) како би се примењивао на фази бројеве. У случају троугаоних фази бројева  $M=(l, m, u)$  примењује се следећа формула:

$$defuzz = \frac{((u-l) + (m-l))}{3} + l \dots \dots \dots 5.27.$$

Поред описаних метода, у процесу дефазификације могу се примењивати и метод најмањих квадрата, метод синтетичког проширења, метод фази преферентног програмирања и други (Xu, 2000; Buckley, 1985; Chang, 1996; Mikhailov, 2003).

### 5.4.5.3. Методи вишег ранга

Методи вишег ранга (енг. outranking methods) омогућавају одређивање приоритета између појединачних алтернатива или критеријума у ситуацијама у којима је укључен већи број доносилаца одлуке, постоји већи број критеријума за одлучивање или се одлучивање обавља у различитим временским тренуцима.

Метод *ELECTRE* омогућава поређење алтернатива у паровима, а основи резултат је дефинисање веза вишег реда како би се решио проблем одређивања стриктног уређења алтернатива или акција. *ELECTRE I* дефинише преференцију алтернатива одређивањем скупова и матрица сагласности и несагласности, као и матрица доминације (сагласне, несагласне и агрегатне) појединачних алтернатива. Због немогућности установљавања доминације у одређеним ситуацијама, овај метод се користи за одређивање парцијалних преференција. Модификације овог метода (*ELECTRE II, III, IV*) омогућавају дефинисање потпуног редоследа алтернатива или акција, уз разматрање директног редоследа (алтернатива је утолико боље рангирана уколико постоји мањи број алтернатива које у односу на њу имају јаки виши ранг), инверзног редоследа (алтернатива је утолико боље рангирана уколико постоји већи број алтернатива у односу на које она има јаки виши ранг) и коначног поретка алтернатива (одређује се као средња вредност рангова у директном и индиректном рангирању сваке алтернативе, а коначно рангирање се врши на основу растућих вредности средњих рангова).

Метод *PROMETHEE* у скупу расположивих алтернатива одређује најбољу на основу критеријума за рангирање, уз примену функције и индекса преференције и релација вишег ранга. Функција преференције се одређује на основу једног од шест општих правила (критеријума) за сваки појединачни критеријум. Општи критеријуми су:

обичан критеријум, квази критеријум, критеријум са линеарном преференцијом, критеријум са нивима, критеријум линеарне преференције са подручјем индиференције и Гаусов критеријум. Индекс преференције се одређује уз помоћ функција преференције и тежине критеријума. Метод *PROMETHEE I* дефинише релације делимичног поретка, којима се генерише граф у коме су неке акције или алтернативе упоредиве, а неке нису, док метод *PROMETHEE II*, применом чистих токова, омогућава једноставније рангирање и дефинисање потпуног поретка алтернатива.

Метод *ORESTE* омогућава рангирање алтернатива на основу критеријума, али и критеријума на основу њиховог релативног значаја. Релативан значај сваког појединачног критеријума је дефинисан на скупу критеријума, а циљ метода је проналажење опште структуре над скупом алтернатива, којом се омогућава евалуација алтернатива за сваки критеријум и структура преференција између појединачних критеријума.

#### **5.4.6. Групно одлучивање**

Поред подршке одлучивању појединаца, неопходно је формално описивање ситуација у којима више појединаца или специјализованих тимова за одлучивање истовремено или у различитим тренуцима, на истој или различитим локацијама доносе одлуке, уз међусобно усаглашавање и прихватање различитих мишљења, са циљем доношења најбоље могуће одлуке.

Методи групног одлучивања омогућавају формализовање процеса одлучивања у коме више појединаца оцењује већи број алтернатива на основу расположивих критеријума.

Основни проблем вишекритеријумског групног одлучивања је креирање процедура за избор одлука које одговарају жељеном решењу, могућност селекције најбоље алтернативе или акције. Концептуално, идентификују се три основне фазе:

- Фаза процене, у којој се идентификују алтернативе, дефинишу критеријуми избора (одлучивања), а затим дефинишу минимални нивои сагласности између појединаца;
- Фаза додељивања приоритета, у којој се дефинише редослед значаја појединачних акција (алтернатива), поређењем расположивих субјективних или објективних података;
- Фаза закључивања на основу анализе података, уз идентификовање проблема, као и одређивање нивоа сагласности у оквиру саме групе.

На основу претходно дефинисаних правила, селекује се најбоља алтернатива, уз јасно постизање нивоа сагласности између појединаца који су учествовали у самом процесу одлучивања.

Методи групног одлучивања састоје се од скупа прецизно дефинисаних правила, чијом применом се бира одређена алтернатива или акција, са намером да се дође до жељеног циља.

Према (*Ћипић, Tummala, Suknović, 2003*), постоје специјализоване методе групног одлучивања и методе настале модификовањем метода појединачног одлучивања. Неке од најчешће коришћених метода групног одлучивања су:

- Метод упоредног поређења: евидентирају се све идеје, односно алтернативе; оне се затим детаљно презентирају и пореди свака са осталим; алтернативе се елиминишу све док не остане јединствена алтернатива;
- Панел метод: приказује се проблем и детаљно разматра, уз генерисање идеја и бележење алтернатива, које се исписују на панел; у дискусији се комбинују идеје, уз елиминисање неважних, и групишу најзначајније алтернативе; дискусија се понавља, а затим идентификују три најважније алтернативе; гласањем се бира једна од њих од њих;
- Брејнсторминг метод: описују се све алтернативе, које модератор бележи без разматрања; група разматра и обликује идеје, а затим гласањем бира неколико најинтересантнијих алтернатива (три до пет); поново се разматрају селекуване алтернативе, и гласањем бира најприхватљивија за целу групу;
- Делфи метод: модератор укратко описује проблем, а чланови тима дају потенцијална решења, која обрађује модератор и предлаже алтернативе; поступак се понавља до усаглашавања и избора једне алтернативе.

Заједничко је структурирање и анализа проблема, дискусија (интеракција и заједничко разматрање), генерисање потенцијалних решења или најбољих алтернатива или акција, оцењивање и гласање, а затим успостављање сагласности. Сагласност се постиже и квантитативно, степеном поређења, вишеструким избором, дефинисањем резултата на скали поређења, уређивањем алтернатива у редоследу или прихватањем/одбацивањем одређене алтернативе.

Приликом коришћења аналитичког хијерархијског процеса, могућа је агрегација појединачних оцена (енг. *Aggregation of individual judgements – AIJ*) или приоритета експерата (енг. *Aggregation of individual priorities – AIP*) (*Forman, Peniwati, 1998*).

Приликом агрегације појединачних оцена (AИ), односно експертских оцена датих у појединачним матрицама поређења  $A^{(k)}$ , елементи групне матрице су облика:

$$a_{ij} = \prod_{k=1}^m (a_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} \dots\dots\dots 5.28.$$

где је  $a_{ij}^{(k)}$  појединачна оцена експерта  $k$  ( $k=1, \dots, m$ ), док је  $\lambda_k$  утицај (тежина) експерта  $k$  у одлучивању ( $\sum_{k=1}^m \lambda_k = 1$ ). Коначна вредност се добија на основу геометријске средине вредности врсте (енг. row geometric mean method, RGMM):

$$w_i = \left( \prod_{j=1}^n a_{ij}^{(k)} \right)^{1/n}, \quad i, j = 1, \dots, n \dots\dots\dots 5.29.$$

Приликом агрегације појединачних приоритета (AIP), применом поступка за одређивање вектора приоритета сваки експерт одређује приоритете, а затим се заједнички приоритет одређује на следећи начин:

$$w_i = \frac{\prod_{k=1}^m (w_i^{(k)})^{\lambda_k}}{\sum_{i=1}^n \prod_{k=1}^m (w_i^{(k)})^{\lambda_k}} \dots\dots\dots 5.30.$$

где је  $w_i^{(k)}$  тежина  $i$ -те алтернативе коју је одредио  $k$ -ти експерт ( $k=1, \dots, m$ ), док је  $\lambda_k$  утицај експерта  $k$  у одлучивању ( $\sum_{k=1}^m \lambda_k = 1$ ).

Поступци агрегације су приказани за случај да постоји  $m$  експерата и  $n$  алтернатива. Посебним поступцима могуће је проверити конзистентност оцена појединачних експерата, како би се омогућила провера конзистентности групног одлучивања.



# **6. МОДЕЛ ОДЛУЧИВАЊА У ИНТЕГРИСАНОМ СИСТЕМУ ЗАШТИТЕ ЗАСНОВАН НА ИНТЕРАКТИВНОМ ТИМСКОМ РАДУ**

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКО ОДЛУЧИВАЊЕ У ЗАШТИТИ

СТУДИЈА СЛУЧАЈА

МЕТОДОЛОГИЈА

АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

ПРИМЕНА РЕЗУЛТАТА

## 6.1. ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКО ОДЛУЧИВАЊЕ У ЗАШТИТИ

Методи вишекритеријумског одлучивања су постали веома популарни у одлучивању које се односи на систем заштите због мултидимензионалности циља и сложености друштвено-економских и техничких система (*Janačković et al, 2011a*). У табели 6.1 приказани су примери примене ових метода у заштити.

Управљање ризиком на радном месту омогућава организацијама да одржавају и развијају интелектуални капитал, који представља основу за развој организације. Систем за управљање заштитом састоји се од политика заштите (принципа и одговорности свих чланова организације), које подстичу партиципацију запослених, обуку, сталну комуникацију и колаборацију, планирање активности и адекватну контролу активности. Резултат су позитивни ефекти на перформансе заштите – смањење учестаности појаве акцидентата, односно побољшање радних услова и конкуретност – услед позитивног утицаја на имиџ организације, продуктивност, репутацију и иновације.

Када је започето истраживање о развоју индикатора и метрика за главне опасности, фокус је био на директним или индикаторима последица (индикаторима који се одређују након појаве догађаја). Овај приступ се заснива на одређивању броја удесних догађаја или инцидентата или избегнутих удесних догађаја, али ови индикатори нису довољно корисни да се примењују за рано упозоравање или узбуњивање. За рано узбуњивање је неопходно да се анализирају узроци нежељених догађаја, а затим и вредности фактора који су довели до акцидентата. То се постиже помоћу индиректних или превентивних индикатора (индикатора активности), који обезбеђују повратне информације пре него што се догоди удесни догађај или инцидент.

Дефинисање перформанси и индикатора заштите за специфичну организацију или индустрију, представља основ за примену вишекритеријумске анализе у систему заштите. Вишекритеријумско одлучивање је процес интегрисане евалуације. У поређењу са једнокритеријумским методима, предност метода вишекритеријумског одлучивања је примена више критеријума или атрибута за добијање интегрисаног резултата одлучивања.

Табела 6.1. Примена метода вишекритеријумске анализе у заштити

Метод и примене
<i>Аналитички хијерархијски процес</i>
Оцена нивоа заштите у грађевини током планирања и буџетирања ( <i>Aminbakhsh et al., 2013</i> )
Избор заштитне опреме за индустријске машине ( <i>Caputo et al., 2013</i> )
Евалуација аспеката утицаја површинских копова на окружење ( <i>Malenović-Nikolić et al., 2013</i> )
Рангирање индикатора заштите ( <i>Savić et al., 2012</i> )
Утврђивање приоритета у систему управљања заштитом ( <i>Chan et al., 2004</i> )
<i>Аналитички мрежни процес</i>
Анализа ризика ( <i>Ergu et al., 2014</i> )
Оцена ризика у пројектима рафинерија гаса ( <i>Valipour et al., 2013</i> )
Евалуација приступа заштити ( <i>Janačković, 2013</i> )
Евалуација фактора заштите у грађевинарству ( <i>Ismail &amp; Somarin, 2012</i> )
Идентификовање небезбедног понашања запослених ( <i>Dağdeviren et al., 2008</i> )
<i>Фази аналитички хијерархијски процес</i>
Селектовање и рангирање индикатора заштите у путарским предузећима ( <i>Janačković et al., 2013</i> )
Рангирање индикатора перформанси заједнице праксе о заштити ( <i>Janačković, 2013</i> )
Рангирање пројеката за побољшање нивоа заштите на путевима ( <i>Yu&amp;Liu, 2012</i> )
Управљање заштитом засновано на понашању запослених ( <i>Dağdeviren&amp;Yüksel, 2008</i> )
Оцена планова управљања водом ( <i>Srdjevic&amp;Medeiros, 2008</i> )
Одређивање приоритета људског капитала ( <i>Bozbura et al., 2007</i> )
Процена опасности и рано упозоравање у топлим и влажним срединама ( <i>Zheng et al., 2012</i> ).
<i>Методи групног одлучивања</i>
Безбедносни третман и одлагање у случају хемијских удеса ( <i>Shi et al., 2014</i> )
Избор горива за аутобусе ( <i>Chang et al., 2013</i> )
Групно одлучивање у ванредним ситуацијама ( <i>Yu&amp;Lai, 2011</i> )
Фактори заштите на градилиштима са крановима ( <i>Shapira&amp;Simcha, 2009</i> )
Управљање заштитом у рудницима ( <i>Song&amp;Hu, 2009</i> )
Разматрање опасности и управљање нежељеним догађајима ( <i>Levy&amp;Taji, 2007</i> )

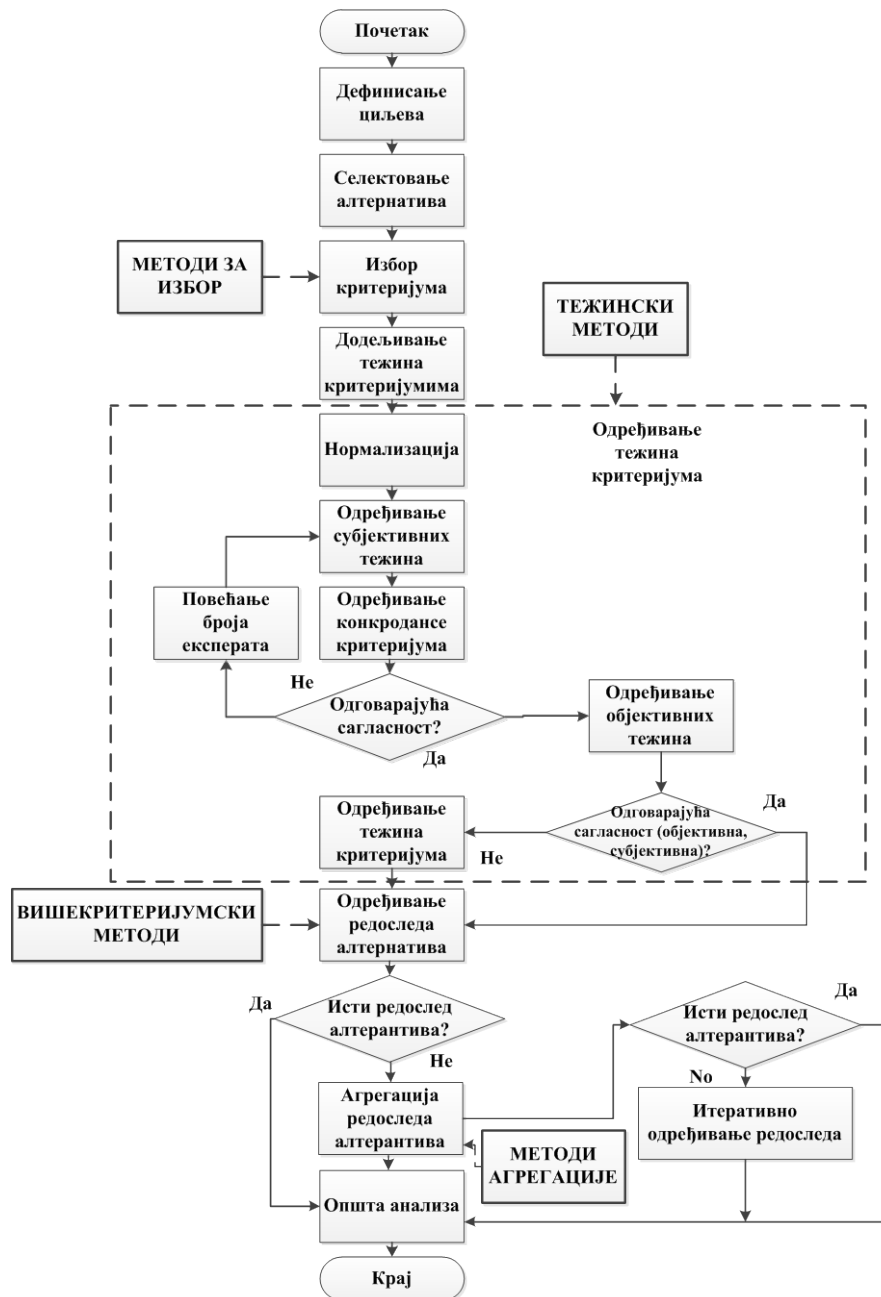
Уопштено посматрано, проблем вишекритеријумског одлучивања у заштити подразумева постојање  $m$  алтернатива које се анализирају помоћу  $n$  критеријума. Матрица одлучивања може се изразити на следећи начин:

критеријуми	$C_1$	$C_2$	$\dots$	$C_n$	
тежине	$w_1$	$w_2$	$\dots$	$w_n$	
алтернативе					
$A_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	$\dots$	$x_{1n}$	..... 6.1.
$A_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	$\dots$	$x_{2n}$	
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	
$A_m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	$\dots$	$x_{mn}$	

где  $x_{ij}$  представља вредност  $j$ -тог критеријума у односу на  $i$ -ту алтернативу,  $w_j$  је тежина  $j$ -тог критеријума,  $n$  је број критеријума, док је  $m$  број алтернатива.

Одговарајући процес одлучивања може се описати помоћу алгоритма приказаног на слици 6.1. Укључује следеће четири главне фазе: дефинисање циљева и селектовање алтернатива, избор критеријума, одређивање тежина критеријума, евалуацију и агрегацију резултата.

Одређивање ефективности система заштите представља проблем. Развој критеријума евалуације и метода којима се поуздано мери ефективност и ефикасност је предуслов да се селектује најбоља алтернатива, информишу доносиоци одлуке о перформансама алтернатива и надгледају утицаји на друштвено окружење. Развој и селектовање критеријума захтева дефинисање индикатора који се односе на поузданост, прикладност, практичност и ограниченост мера заштите. Ови индикатори су ограничени и/или утичу један на други. На пример, број техничких и друштвених аспеката који се желе побољшати ограничен је економским и политичким интересима (Ustinovichius, 2007). Такође, напредни систем може да смањи број акцидената, али су значајни трошкови неопходни да би се креирао и/или одржавао такав систем. Зато је доносиоцу одлуке тешко да селектује оптималан систем са становишта расположивих опција.



Слика 6.1. Процес вишекритеријумског одлучивања у заштити

Међутим, вредности тежина индикатора утичу на резултате евалуације. Различите вредности тежина доводе до различитих резултата процене.

Постоје субјективни и објективни методи за утврђивање тежина. Субјективни методи за одређивање тежина, као што је поређење у паровима, се најчешће користе у одлучивању у заштити. Објективни методи за одређивање тежина заснивају се на одређивању тежина критеријума помоћу мерних података и информација које осликавају различите нивое значаја.

Након утврђивања тежина критеријума, неопходно је утврдити редослед (преференце) алтернатива, тако да се примењују методи вишекритеријумског одлучивања, да би се добио редослед алтернатива или акција. Обавља се агрегација појединачних оцена или приоритета експерата, а након тога општа анализа добијених резултата. Као што је већ описано, агрегација у случају аналитичког хијерархијског процеса и његове фази варијанте обавља се агрегацијом појединачних оцена или приоритета експерата, о чему се детаљније може прочитати, између осталог, у (*Forman, Peniwati, 1998*).

## 6.2. СТУДИЈА СЛУЧАЈА

Процес вишекритеријумског одлучивања у заштити биће приказан кроз студију случаја која се односи на рангирање индикатора заштите на раду у Предузећу за путеве „Ниш“ (у даљем тексту ПЗП „Ниш“).

Грађевина је један од најопаснијих сектора у Европској Унији, одмах након рибарства, на основу броја акцидентата и смртних исхода у току године. Велики број несрећа у грађевинарству, у односу на друге секторе, примећен је у САД, Аустралији, Јапану, Нигерији и другим земљама. Запослени на градилиштима путева су изложени опасностима које се односе на грађевинску опрему и лоше радне услове. Основни узроци повреда на градилиштима путева су ударци од пада опреме или објеката, огроман физички напор, клизање или падање, и дуготрајна изложеност штетним материјама. Основни узроци смртних исхода су: инциденти са покретном грађевинском опремом, саобраћајни инциденти са великим грађевинским машинама, као и улазак путничких и транспортних возила на градилишта или у зоне у којима се обавља одржавање.

Број и трошкови повреда на раду, болести и смртних исхода у грађевинској индустрији су јако велики. Међутим, велики број њих може се спречити. Подаци показују да је у последњих четрдесет година, од увођења правних оквира за безбедност и здравље на раду, број повреда и смртних исхода смањен за више од 60% (*OSHA, 2012*). Постоје бројни напори за побољшање заштите на градилиштима, који су довели до смањења броја инцидентата. Одређени резултати су постигнути применом правилника и директива (нпр. Директива 92/57 Европске комисије о минималним захтевима за безбедност и здравље на привременим или покретним градилиштима). Међутим, то није довољно. Неопходно је непрекидно побољшавати систем безбедности и здравља

на раду, како би се смањили трошкови, односно повећала конкурентност и ефикасност компанија.

Истраживања показују да ефикасан и интегрисан систем управљања безбедношћу и здрављем на раду:

- повећава оперативну ефикасност и профитабилност компаније (*Fernandez-Muniz et al., 2009; Dagdeviren&Yüksel, 2008*);
- смањује број повреда, болести и смртних исхода; повећава продуктивност; побољшава морал и мотивацију запослених; развија културу безбедности; утиче на имиџ и репутацију компаније (*OSHA, 2012; Bunn et al., 2001; Biggs et al., 2009*);
- повећава одговорност и јача лидерство;
- захтева ефективно учешће запослених;
- интегрише безбедност и здравље на раду у све пословне процесе; помаже побољшање развоја политика и имплементацију мера безбедности и здравља на раду (*OSHA, 2012; Shannon et al, 1997; Harms-Ringdal, 2004*).

Наведени ефекти се односе на све компаније, па тиме и на грађевинске компаније, односно на путоградњу.

ПЗП „Ниш“ има дугу и успешну традицију и лидер је у домаћој индустрији, што је потврђено великим бројем новокреираних траса у Србији. ПЗП “Ниш” одржава 1366.2 km путева. Ово је основна мрежа путева у нишком, пиротском и топличком региону, што омогућава непрекидан друмски саобраћај на 90% територије ових региона. Активности компаније подразумевају: изградњу и одржавање аутопутева и путева, градских улица, аеродромских писти, мостова, тунела и израду материјала од камена. Дугорочни планови компаније, као дела Нибенс групе, подразумевају повећање конкурентности на домаћем и страном тржишту. Повећање ефикасности система заштите може значајно побољшати перформансе и углед организације.

У литератури, проблем заштите је разматран из више различитих перспектива. У овој студији примењен је системски приступ анализи индикатора заштите. Дефинисани су фактори, перформансе и индикатори заштите. Методи вишекритеријумске анализе су примењени за рангирање кључних индикатора заштите.

### **6.2.1. Методологија**

Постоје бројне студије у којима су описани фактори, перформансе и индикатори који се односе на безбедност и здравље на раду (*Fernandez-Muniz et al., 2009; Shannon et al., 1997; Cohen, 1977; Holmberg et al., 1994; Grabovsky et al., 2007; Hopkins, 2009; Louvar, 2010; Øien et al., 2010; Kongskvik et al., 2010*).

Квалитет система заштите је функција бројних фактора. Због тога се захтева да управљање овим системима буде засновано на холистичком приступу и вишекритеријумској анализи (*Dagdeviren&Yüksel, 2008; Janačković et al., 2011a*).

Квалитет система заштите на раду у ПЗП „Ниш“ се може проценити на основу перформанси заштите, а "измерити" помоћу одговарајућих индикатора.

#### **6.2.1.1. Дефинисање фактора, перформанси и индикатора заштите**

Основни фактори који утичу на квалитет заштите, како је дефинисано у делу 2.4.2, су технички, људски, организациони фактори и фактори окружења. Ови фактори се називају и факторима перформанси заштите. Истраживања и познавање природе, временске зависности и корелације објективних и субјективних перформанси омогућава да се анализирају начин и трендови њиховог утицаја, а самим тим и креира основа за управљање факторима перформанси заштите, односно система за управљање безбедношћу и здрављем на раду. На основу анализе посебних типова индикатора, може се закључити да постоје, у суштини, два типа индикатора заштите:

- (1) индикатори активности, индиректни или водећи индикатори, и
- (2) индикатори исхода, директни или индикатори последица.

На основу прегледа литературе и ауторових сопствених истраживања (*Holmberg et al., 1994; Øien et al., 2010; Konkskvik et al., 2010; Øien, 2001; Bergh, 2003; Janačković et al., 2011a, 2011b; Joubert et al., 2005*), предложена је структура фактора, перформанси и индикатора заштите (Табела 6.2).

Ова структура садржи 4 фактора, 23 перформансе и 48 индикатора перформанси. Наведена структура није коначна, нити свеобухватна, и може се допуњавати новим индикаторима, сходно специфичности индустрије или организације система заштите.



Табела 6.2. *Фактори, перформансе и индикатори заштите*

Фактори	Перформансе	Индикатори
Технички	Трошкови	T1-Број нивоа заштите;
	Флексибилност	T2-Број контролисаних одступања параметара процеса;
	Функционалност	T3-Поузданост;
	Одржавање	T4-Расположивост (могућност извршавања функција према потребама);
		T5-Број отказа техничких система заштите;
		T6-Број акцидентата;
		T7-Средње време између отказа;
		T8-Средње време између одржавања/оправки;
		T9-Учестаност одржавања;
		T10-Инфраструктурни трошкови;
		T11-Трошкови одржавања
Људски	Компетентност	H1-Примена средстава и опреме за личну заштиту на раду;
	Образовање	H2-Број повреда на раду;
	Искуство	H3-Индекс личних вештина;
	Знање	H4-Степен поштовања радних процедура;
	Лидерске способности	H5-Степен иновативности запосленог;
	Могућности преузимања ризика и решавања проблема	H6-Индекс задовољства запосленог;
		H7-Број грешака и омашки;
		H8-Индекс креирања резултата применом знања;
		H9-Индекс вештине комуницирања и извештавања;
		H10-Индекс вероватноће успеха;
		H11-Однос инвестиција и профита за људски фактор;
		H12-Ниво ефективности програма обуке;
		H13-Ниво тимског рада запослених;
		H14-Процент запослених који имају одговарајуће обуке за стицање вештина;
		H15-Стопа изостанка са посла

Организациони

Координација	О1-Процент запослених који су обучени из безбедности и
Дизајн	здравља на раду;
Анализа опасности	О2-Ефикасност управљања ресурсима заштите;
посла	О3-Удео послова са повећаним ризиком;
Управљање	О4-Средња вредност година искуства запослених;
(контрола)	О5-Процент послова који захтевају формалну обуку;
Планирање	О6-Број провера заштите на радним местима;
Програм	О7-Средњи број сати обука запослених у току године;
превентивног	О8-Број упутстава за БЗНР за запослене;
одржавања	О9-Трошкови повреда на раду;
Процедуре	О10-Број доказа о примењеним мерама за заштиту опреме
(инструкције)	и средстава за рад;
Обука	О11-Број случајева болести услед стреса запослених на
	послу;
	О12-Број случајева мобинга на послу;
	О13-Број сати надзора акцидентата;
	О15-Број идентификованих проблема приликом
	извршавања техничких инспекција и анализе радне
	опреме, алата и личних заштитних средстава, односно
	услова радне средине;
	О16-Број запослених обучених за прву помоћ

Окружење

Компетитивно и	Е1-Ниво технологија заштите;
дрштвено	Е2-Ниво имплементираних законских процедура;
окружење	Е3-Број имплементираних добровољних стандарда;
Закони	Е4-Степен умрежавања компанија;
Перцепције и	Е5-Број расположивих база података о акцидентима;
вредности учесника	Е6-Број расположивих фондова
у процесу	
Технологије	
заштите	
Стандардизација	

Технички фактор описује се перформансама као што су трошкови, флексибилност, функционалност и одржавање. Технички део система заштите описује се учестаношћу отказа, поузданошћу, расположивошћу и сличним индикаторима. Људски фактор се обично разматра само приликом техничке експертизе удесних догађаја, када се он сматра једним од најчешћих узрока појаве нежељених догађаја. Међутим, он се мора посматрати у ширем контексту, уз разматрање компетентности, образовања, искуства, знања, лидерских способности и могућности преузимања ризика и решавања проблема, као и реаговања у ванредним ситуацијама. Значајан утицај на систем заштите има и организација, координација активности, анализа опасности посла, редовна контрола и планирање, креирање програма одржавања, дефинисање радних процедура и стална обука. Све то се разматра у контексту конкурентског окружења, у коме се стално дефинишу и унапређују закони, стандарди и технологије заштите.

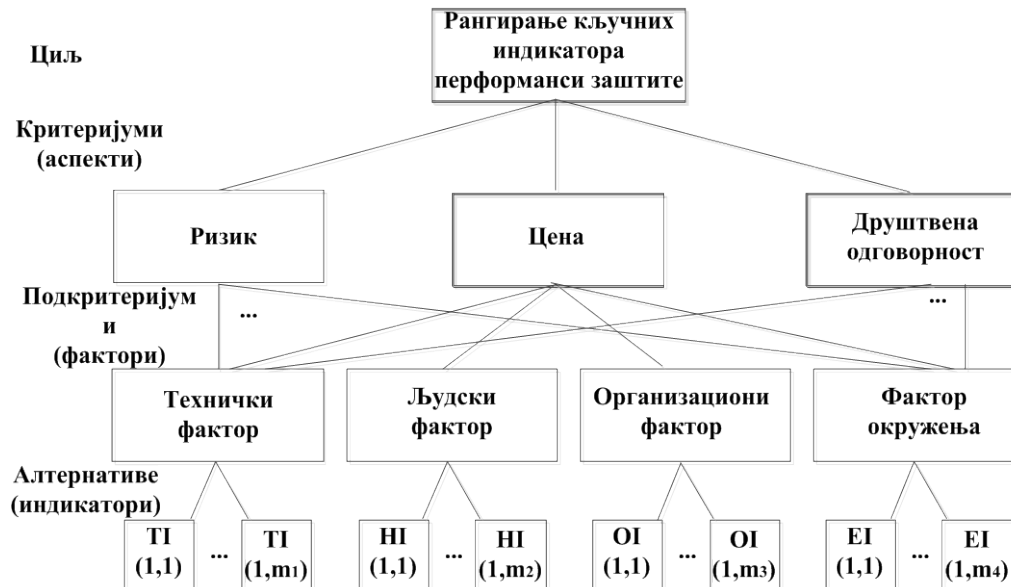
#### **6.2.1.2 Структура аспеката, фактора и индикатора перформанси**

Претходно наведени фактори, перформансе и индикатори заштите се разматрају са аспекта ризика, цене и друштвене одговорности. Могу се представити у облику следеће хијерархијске структуре (слика 6.2), која је погодна за примену аналитичког хијерархијског процеса (АНР) и фази аналитичког хијерархијског процеса (ФАНР).

За потребе одређивања значајности индикатора заштите и за рангирање кључних индикатора перформанси система заштите у даљем тексту су примењени методи вишекритеријумског рангирања, и то: аналитички хијерархијски процес (АНР) и фази аналитички хијерархијски процес (ФАНР). Ови методи су изабрани из следећих разлога:

- могућност описивања проблема у облику хијерархије, која је у складу са предложеном хијерархијском организацијом фактора, перформанси и индикатора којима се описује систем заштите;
- једноставност коришћења, тако што корисници дефинишу матрице поређења у паровима, дефинишући колико је један фактор или индикатор значајнији у односу на други;
- могућност укључивања квалитативних и квантитативних показатеља у разматрање;

- могућност провере конзистентности добијеног решења, чиме се смањује субјективност приликом поређења и оцењивања критеријума, подкритеријума и алтернатива од стране експерата.



Слика 6.2. Хијерархијска шема за рангирање индикатора заштите

Аналитички хијерархијски процес (енг. Analytic Hierarchy Process, АНР) примењује се за решавање вишекритеријумских проблема и утврђивање приоритета у системима заштите већ неколико година (Tam et al., 2002; Chan et al., 2004; Teo&Ling, 2006; Lee, 2006; Kulak et al, 2005). Оригинални АНР дефинисао је Thomas L. Saaty (Saaty, 1980). То је вишекритеријумски метод одлучивања, у коме се разматрају субјективни и објективни фактори у процесу евалуације. У оригиналном АНР методу, оцене експерата су приказане као конкретне вредности.

Међутим, у великом броју ситуација модел оцењивања људи није прецизан, односно доносиоци одлука не могу да дефинишу прецизне вредности у процесу поређења алтернатива. Примена теорије фази скупова омогућава доносиоцима одлука да укључе информације које се не могу квантификовати, непотпуне информације, информације које се не могу добити, односно делимично познате чињенице у модел одлучивања (Kulak et al., 2005). Фази АНР метод је проширење обичног АНР метода (Laarhoven and Pedrycz, 1983; Buckley, 1985; Boender et al., 1989 in: Srđević & Medeiros, 2008), у коме се оцене експерата приказују као фази вредности. Примена фази бројева за евалуацију фактора и индикатора заштите помаже реалнијем репрезентовању проблема заштите.

Додатна предност фази АНР метода је могућност описивања карактеристика система применом опсега вредности, што поређење чини много реалнијим у односу на поређење у коме је неопходно да експерти селекутују конкретне вредности којима се описује однос између две алтернативе.

### 6.2.1.3. Селектовање кључних индикатора перформанси

Кључни индикатори перформанси заштите су одређени на основу оцењивања експерата, који су имали на располагању листу индикатора приказану у табели 6.2. Селектовање кључних индикатора извршено је методом рангирања.

Ранг 1 се додељује индикатору који је, према мишљењу експерата, најзначајнији, док се ранг  $n$  додељује најмање значајном индикатору. Уколико су неки од индикатора подједнако значајни, додељују им се исти рангови. Рангирање које не укључује исте рангове је стриктно рангирање (тотално уређење); у супротном, ради се о слободном рангирању (парцијално уређење). У току рангирања индикатора, сума рангова додељена елементима треба да буде једнака суми низа целих бројева од 1 до  $n$ , где  $n$  представља број ранжираних елемената. Како би се испунио овај захтев, чак и онда када се примењује слободно рангирање, примењују се стандардизовани рангови. Они се утврђују као аритметичка средина редних бројева рангова елемената са истим рангом у серији.

Сагласност експертних мишљења дефинисана је коефицијентом конкордације. Коефицијент конкордације за стриктно рангирање одређује се на следећи начин (Цхадая, Подосенова, 2008):

$$W = S/S_m \dots\dots\dots .6.1.$$

где је  $S = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^m r_{ij} - m(n+1)/2 \right)^2$ ,  $S_m = m^2 n(n^2 - 1)/12$ ;  $n$  – број индикатора;  $m$  – број експерата; и  $r_{ij}$  – ранг  $j$ -тог индикатора који је одредио  $i$ -ти експерт.

Коефицијент конкордације за слободно рангирање одређује се на следећи начин (Цхадая, Подосенова, 2008):

$$W = S/S'_m \dots\dots\dots .6.2.$$

где је  $S'_m = \frac{m^2}{12}n(n^2 - 1) - \frac{m}{12} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{L_k} (l_k^3 - l_k)$ ;  $l_k$  - број једнаких рангова у  $k$ -тој групи са

ранговима  $i$ -тог експерта;  $L_k$  - број група једнаких рангова у рангирању  $i$ -тог експерта;  $S$ ,  $m$  и  $n$  имају истоветно значење као у (6.1) за стриктно рангирање.

Коефицијент конкордације има вредност између 0 и 1. Вредност 1 указује на потпуно слагање експертних оцена, док вредност 0 указује на њихово потпуно неслагање. Уколико је  $W > 0.5$ , сматра се да су експертне оцене у свим листама приоритета релевантне. Уколико је  $W \leq 0.5$ , сматра се да не постоји довољна сагласност експерата. Тада се сукцесивним искључивањем мишљења појединих експерата, поново израчунава коефицијент конкордације. Мишљења оних експерата, чијим уклањањем оцена се повећава коефицијент конкордације, се игноришу. Након тога, за нову групу експерата се одређује још једном коефицијент конкордације. Уколико је  $W > 0.5$ , мишљења експерата се сматрају релевантним. У супротном, процедура се понавља са новом групом експерата. Након потврде слагања експертних мишљења, уз претпоставку да су експерти подједнако компетентни, утврђују се кључни индикатори перформанси на основу средњег ранга сваког индикатора.

#### **6.2.1.4. Рангирање кључних индикатора заштите применом АНР метода**

АНР метод се примењује за рангирање индикатора заштите, као што је приказано у даљем тексту.

**Идентификовање циља.** Циљ је рангирање кључних индикатора перформанси заштите.

**Идентификовање критеријума, подкритеријума и алтернатива.** Заштита се разматра са саледећих аспеката: ризик, трошкови и друштвена одговорност, који су идентификовани као критеријуми. Фактори који утичу на квалитет заштите (технички, људски, организациони и фактори окружења) идентификовани су као подкритеријуми, док су кључни индикатори перформанси заштите идентификовани као алтернативе.

**Формирање хијерархијске структуре.** АНР метод представља проблем у облику хијерархије. Генерално, хијерархија се дефинише од највишег нивоа (жељени резултат или циљ), преко средњих слојева (критеријуми и подкритеријуми), до најнижег нивоа (алтернативе). Како би се рангирани кључни индикатори перформанси заштите, значајно је дефинисање хијерархијске структуре, која садржи четири нивоа: први ниво или највиши ниво представља циљ (рангирање кључних индикатора заштите); други

ниво представља релевантне критеријуме (ризик, трошкови и друштвена одговорност); трећи ниво представља релевантне подкритеријуме (техничке, људске, организационе и факторе окружења); четврти ниво дефинише кључне индикаторе заштите. Слика 6.2 представља хијерархијску шему за рангирање индикатора заштите.

**Поређење у паровима.** Парови елемената проблема на сваком нивоу се пореде на основу релативног утицаја на елементе на првом вишем хијерархијском нивоу. Доносилац одлуке или група експерата оцењује релативни утицај сваког пара на циљ, или критеријум, користећи 1-9 скалу поређења, која је приказана у табели 6.3 (Saaty, 1980; Saaty, 1978).

Поређење у паровима обавља се на сваком нивоу, почевши од врха хијерархије, а приказано је квадратном матрицом облика  $A = [a_{ij}]_{i,j=1,n}$ , где је  $n$  број елемената који се пореде. Елементи матрице  $A$ , означени са  $a_{ij}$ , су оцене о релативном значају критеријума/подкритеријума  $i$  /алтернативе  $i$  у односу на критеријум/подкритеријум/алтернативу  $j$ . Ови елементи имају следеће карактеристике:  $a_{ij}=1$  за  $i=j$ , односно  $a_{ij}=1/a_{ji}$  за  $i \neq j$ .

**Утврђивање релативних тежина.** Математичка основа за утврђивање тежина заснована је на матричној теорији коју је предложио Saaty (Saaty, 1978). Приступ занован на утврђивању сопствених вредности је базиран на примени посебног типа матрице, која се назива реципрочна матрица. Циљ је одредити елементе вектора  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ , при чему је  $w$  сопствени вектор и колонска матрица. Сопствени вектор се може генерисати на неколико начина. У овом делу приказан је најчешће коришћени метод за утврђивање сопственог вектора матрице  $A$ .

Процедура за добијање сопствених вредности састоји се од следећих корака:

- (1) Одређује се сума свих елемената у свакој колони матрице  $A$ ;
- (2) Елементи сваке колоне се деле сумом добијеном у претходном кораку;
- (3) утврђује се средња вредност сваке врсте. Колонски вектор који садржи средње вредности је нормализовани вектор (или вектор сопствених вредности, или тежински вектор) (Čurčić & Suknović, 2010).

Табела 6.3. Скала релативног значаја (Saaty, 1978)

Релативан значај	Дефиниција	Опис
1	Подједнак значај	Две акције (активности) подједнако утичу на остваривање циља
3	Умерено већи значај	Једна акција (активност) незнатно више утиче на остваривање циља у односу на другу
5	Већи значај	Једна акција (активност) знатно више утиче на остваривање циља у односу на другу
7	Веома изражен значај	Једна акција (активност) знатно више утиче на остваривање циља у односу на другу и њена доминантност је практично потврђена
9	Потврђено већи значај	Једна акција (активност) је доминантна у односу на другу (највећи могући ниво потврде)
2, 4, 6, 8	Међувредности	Вредности које се користе онда када је неопходно успоставити одређени компромис
Реципрочне вредности претходно наведених вредности		Уколико се однос акције $i$ описује неком од претходно наведених вредности у односу на акцију $j$ , тада се однос $j$ према $i$ описује реципрочном вредношћу

Као резултат примене процедура за утврђивање релативних тежина, дефинишу се следећи вектори:

- сопствени вектор критеријума (аспеката заштите):  $w_c = (w_{c,1}, w_{c,2}, w_{c,3})$ , где  $w_{c,i}$  представља тежину  $i$ -тог критеријума, и  $\sum_{i=1}^3 w_{c,i} = 1$ ;
- сопствени вектор подкритеријума (фактора заштите) за сваки појединачни критеријум:  $w_{sc,i} = (w_{sc,i1}, w_{sc,i2}, w_{sc,i3}, w_{sc,i4})$ , где  $w_{sc,i}$  представља сопствени вектор подкритеријума за  $i$ -ти критеријум,  $w_{sc,i,k}$  је тежина  $k$ -тог подкритеријума у односу на  $i$ -ти критеријум, и  $\sum_{k=1}^4 w_{sc,ik} = 1$ ; и
- сопствени вектори алтернатива (кључних индикатора перформанси) за сваки појединачни подкритеријум:  $w_{a,k} = (w_{a,k1}, w_{a,k2}, w_{a,k3}, w_{a,k4}, w_{a,k5})$ , где је  $w_{a,k}$  сопствени вектор алтернативе за  $k$ -ти подкритеријум,  $w_{a,kj}$  је тежина  $j$ -те алтернативе у односу на  $k$ -ти подкритеријум, при чему је  $\sum_{j=1}^5 w_{a,kj} = 1$ .



**Провера конзистентности резултата.** Конзистентност подразумева да се у процесу одлучивања укључе кохерентне оцене приликом поређења у паровима критеријума, подкритеријума или алтернатива. Међутим, за наведене карактеристике матрице (реципрочна и регуларна матрица са дијагоналним елементима  $a_{ii}=1$ ), мале промене вредности  $a_{ij}$  не доводе до промене највеће сопствене вредности,  $\lambda_{max}$ , док су остале сопствене вредности блиске нули. Због тога, одступање вредности  $\lambda_{max}$  од  $n$  се користи да би се утврдио ниво конзистентности.

Индекс конзистентности се одређује на следећи начин:

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \dots\dots\dots .6.3.$$

где је  $n$  ред матрице, док се највећа сопствена вредност одређује као

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i} \dots\dots\dots .6.4.$$

Ниво конзистентности (енг. consistency ratio) се одређује на следећи начин:

$$CR = CI/RI \dots\dots\dots .6.5.$$

где је  $RI$  случајни индекс (енг. random index).

Табела 6.4 приказује вредности случајних индекса матрица димензија  $n \times n$ , где је  $n = 1, \dots, 5$  димензија одговарајуће матрице. Вредности за матрице виших димензија приказане су у табели 5.8, а додатна разматрања могу се пронаћи, између осталог, у (Alonso, Lamata, 2006). Уколико је ниво конзистентности мањи или једнак 0,10, поређење се може сматрати прихватљивим; у супротном, оцењивање мора да се побољша.

Табела 6.4. Вредност коришћених  $RI$  индекса (Saaty, 1980)

$n$	1	2	3	4	5
$RI$	0	0	0,52	0,89	1,11

**Утврђивање коначних приоритета.** Завршни корак АНР метода подразумева одређивање композитног нормализованог вектора (или вектора глобалних приоритета), који описује удео појединачних алтернатива приликом постизања циља. Композитни вектор се користи за одређивање релативног приоритета свих елемената на најнижем нивоу хијерархије, који омогућава постизање циљева целокупног проблема.

### 6.1.2.5. Рангирање кључних индикатора заштите применом ФАНР метода

ФАНР рангирање индикатора заштите обављено је на следећи начин. Математичка основа за фази АНР метод састоји се од матричне теорије и фази аритметике. У овој студији примењују се троугаони фази бројеви. Фази број је специјалан фази скуп  $F = \{(x, \mu_F(x)), x \in R\}$ , где је  $x \in (-\infty, +\infty)$ , док је  $\mu_F(x) : (-\infty, +\infty) \rightarrow [0, 1]$  непрекидна функција. Троугаони фази број може да се означи са  $M = (l, m, u)$ , док је функција припадности облика:

$$\mu_F(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & x \in [l, m] \\ \frac{u-x}{u-m}, & x \in [m, u] \\ 0, & \text{inače} \end{cases} \dots \dots \dots 6.5.$$

где је  $l \leq m \leq u$ ,  $l$  и  $u$  су доња и горња вредност подршке (енг. support)  $M$ , респективно, док је  $m$  модална вредност. Када је  $l = m = u$ , то је “обичан” број.

Основни закони за извршавање математичких операција над два троугаона фази броја  $M_1$  и  $M_2$  су:

$$M_1 \oplus M_2 = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \dots \dots \dots 6.6.$$

$$\lambda \cdot M_1 = \lambda \cdot (l_1, m_1, u_1) = (\lambda \cdot l_1, \lambda \cdot m_1, \lambda \cdot u_1), \forall \lambda > 0 \dots \dots \dots 6.7.$$

$$M_1 \otimes M_2 = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2), l_1, l_2 > 0 \dots \dots \dots 6.8.$$

$$M_1^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} = \left( \frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \dots \dots \dots 6.9.$$

Вредност фази синтетичке мере, према Chang-овом методу анализе (Chang, 1996), дефинисана је као:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}, i = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots 6.10.$$

где је  $M_{g_i}^j$  троугаони фази број који представља вредност анализе за елемент одлучивања  $i$  у односу на циљ  $j$ , док је  $\otimes$  оператор множења фази бројева.

ФАНР метод подразумева извршавање следећих корака:

1. Идентификовање и јасно дефинисање циља;
2. Идентификовање критеријума, подкритеријума и алтернатива које утичу на остваривање циља;

3. Формирање хијерархијске структуре;
4. Поређење у паровима (обавља се помоћу фазификоване Saaty-јеве скале);
5. Одређивање тежинских вектора (на основу метода сопствених вектора, анализе фази мера и принципа агрегације);
6. Дефазификација и коначно рангирање алтернатива.

Фази АНР метод се примењује за рангирање индикатора заштите, као што је приказано у даљем тексту. Прва три корака су идентична корацима класичног АНР метода.

**Поређење у паровима.** Парови елемената на сваком нивоу се пореде према њиховом релативном доприносу хијерархијском нивоу изнад. Доносилац одлуке или експертска група процењује релативни удео сваког пара применом скале 1-9, као што је приказано у табели 6.5. Фазификована скала за поређење у паровима дефинише се помоћу фази растојања  $\delta$ , чије су вредности  $0.5 \leq \delta \leq 2$ .

У овој студији се примењују троугаони фази бројеви и вредност фази растојања је 2; на границама се користи (1, 1, 3) за фази вредност 1, односно (7, 9, 9) за фази вредност 9. Фази растојање 2 се користи за непарне вредности (3, 5, 7), док се фази растојање 1 користи за парне вредности (2, 4, 6, 8), као што се препоручује у (Srđević&Medeiros, 2008), јер се тако добијају најконзистентнија решења.

Поређење у паровима обавља се на сваком нивоу, почевши од врха хијерахије, и приказује се у квадратној матрици  $A = [\tilde{a}_{ij}]_{i,j=1,n}$ , где је  $\tilde{a}_{ij}$  фази вредност о релативном значају критеријума / подкритеријума / алтернативе  $i$  у односу на критеријум / подкритеријум / алтернативу  $j$ ,  $\tilde{a}_{ij} = 1$  за  $i=j$  и  $\tilde{a}_{ij} = 1/\tilde{a}_{ji}$  за  $i \neq j$ .

Табела 6.5. Обична и фазификована Сатијева скала за поређење у паровима (Srđević&Medeiros, 2008)

Обичне вредности (x)	Опис оцене	Фази вредности
1	Подједнако значајно	(1, 1, 1+ $\delta$ )
3	Незнатно значајније	(3- $\delta$ , 3, 3+ $\delta$ )
5	Значајније	(5- $\delta$ , 5, 5+ $\delta$ )
7	Знатно значајније	(7- $\delta$ , 7, 7+ $\delta$ )
9	Апсолутно доминантно	(9- $\delta$ , 9, 9)
2, 4, 6, 8	Међувредности	(x-1, x, x+1)

**Одређивање тежинских вектора.** Рангирање започиње утврђивањем тежинског вектора за дефинисане критеријуме (аспекте заштите):

$$W_c = (w_{c1}, w_{c2}, w_{c3}) = (w_R, w_C, w_{SR}) \dots \dots \dots 6.11.$$

Тежине изабраних критеријума, према једначини (6.10) се одређују као:

$$w_{ci} = \sum_{j=1}^3 \tilde{a}_{ij} \otimes \left[ \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \tilde{a}_{ij} \right]^{-1}, i = 1, 2, 3 \dots \dots \dots 6.12.$$

Тежински вектори подкритеријума (фактора заштите) су дефинисани поређењем у паровима подкритеријума у односу на сваки појединачни критеријум. Одговарајући елементи овог вектора, на основу (6.10), одређују се на следећи начин:

$$x_{ij} = \sum_{j=1}^3 \tilde{a}_{ij} \otimes \left[ \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 \tilde{a}_{ij} \right]^{-1} \dots \dots \dots 6.13.$$

при чему је  $x_{ij}$  резултујућа фази оцена за  $i$ -ти подкритеријум у односу на  $j$ -ти критеријум. Коначне тежине подкритеријума се одређују агрегацијом тежина у два суседна нивоа, односно множењем тежина подкритеријума тежинама критеријума:

$$W_{sc} = X \otimes W_c = (w_{sc1}, w_{sc2}, w_{sc3}, w_{sc4}) = (w_{TF}, w_{HF}, w_{OF}, w_{EF}) \dots \dots \dots 6.14.$$

Коначно, алтернативе (кључни индикатори заштите) се пореде у односу на дефинисане подкритеријуме. Одговарајуће тежине алтернатива за појединачне подкритеријуме одређују се на основу (6.10), а коначна тежина се добија множењем добијене тежине алтернатива и коначне тежине одговарајућег подкритеријума:

$$w_k^p = \left( \sum_{j=1}^{m_k} \tilde{a}_{ij} \otimes \left[ \sum_{i=1}^{m_k} \sum_{j=1}^{m_k} \tilde{a}_{ij} \right]^{-1} \right) \otimes w_{sck}, k = 1, \dots, 4, p = 1, \dots, m_k \dots \dots \dots 6.15.$$

где су  $w_k^p$  агрегатне фази тежине  $p$ -те алтернативе у односу на  $k$ -ти подкритеријум, док су елементи вектора тежина алтернатива:

$$W_a = (w_1^1, \dots, w_1^{m_1}, w_2^1, \dots, w_2^{m_2}, w_3^1, \dots, w_3^{m_3}, w_4^1, \dots, w_4^{m_4}) \dots \dots \dots 6.16.$$

**Дефазификација и коначно рангирање алтернатива.** Троугаони фази бројеви се пореде на основу неколико метода, као што је метод центра гравитације, метод доминантне мере, метод  $\alpha$ -пресека са синтезом интервала, и метод тоталне интегралне вредности. Метод тоталне интегралне вредности, приказан у (*Liou & Wang, 1992*), користи се у овој студији. За дати троугаони број  $M=(l, m, u)$ , тотална интегрална вредност се одређује као:

$$I_T^\lambda(M) = 0.5(\lambda u + m + (1 - \lambda)l), \lambda \in [0, 1] \dots \dots \dots 6.17.$$

где  $\lambda$  представља индекс оптимизма. Он описује став доносиоца одлуке према ризику – мања вредност  $\lambda$  указује на виши ниво ризика (мањи ниво оптимизма). Вредности 0, 0.5 и 1 се користе за приказивање песимистичког, умереног и оптимистичког погледа доносиоца одлуке, респективно. Уколико је  $I_T^\lambda(M_1) < I_T^\lambda(M_2)$ , тада је  $M_1 \prec M_2$ ; уколико је  $I_T^\lambda(M_1) = I_T^\lambda(M_2)$ , тада је  $M_1 \approx M_2$ ; уколико је  $I_T^\lambda(M_1) > I_T^\lambda(M_2)$ , тада је  $M_1 \succ M_2$ .

## 6.2.2. Резултати

У току истраживања индикатора заштите у ПЗП „Ниш“, пошло се од основних аспеката заштите (ризик (R), трошкови (C) и друштвена одговорност (SR)), фактора који утичу на квалитет заштите (технички (TF), људски (HF), организациони (OF) и фактори окружења (EF)), и листе индикатора који су класификовани на основу кључних фактора (Табела 6.2). Да би се утврдили кључни индикатори заштите, ову листу су анализирали проценитељи ризика (експерти) са Института за квалитет радне и животне средине “1. Мај” у Нишу. Ови експерти су учествовали у проценама ризика на радном месту и у радном окружењу, који је неопходан део „Акта о процени ризика“, за велики број компанија које се баве изградњом и одржавањем путева, укључујући и Предузеће за путеве „Ниш“. Иако је постојала могућност да додају нове индикаторе, експерти то нису учинили, слажући се да су кључни индикатори већ наведени у листи.

### 6.2.2.1. Резултати селектовања кључних индикатора перформанси

Од 48 индикатора на листи, експерти су селектовали 20 кључних индикатора (пет индикатора у свакој групи фактора) који најбоље репрезентују стање заштите у компанијама за изградњу и одржавање путева.

Резултати рангирања и одређени коефицијенти конкордације приказани су у табелама 6.6-6.9.

Табела 6.6. *Експертско рангирање техничких индикатора*

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Ekspert1	1	7	6	10	3	2	9	8	4	11	5
Ekspert2	1	9	6	10	3	2	7	8	5	11	5
Ekspert3	1	7	5	11	2	3	9	8	4	10	6
Ekspert4	1	7	6	11	3	2	8	9	4	10	5
Ekspert5	1	8	5	10	2	3	7	9	6	11	4
Коефицијент конкордације: W=0.8316											

Најзначајнији технички индикатори су: Т1-број нивоа заштите (у даљем тексту означено са Т1), Т5-број отказа техничких система заштите (Т2), Т6-број акцидентата (Т3), Т9-учестаност одржавања (Т4), и Т11-трошкови одржавања (Т5).

Табела 6.7. *Експертско рангирање људских индикатора*

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
Ekspert1	6	3	2	1	15	5	4	7	8	13	14	11	12	9	10
Ekspert2	5	4	2	1	15	3	6	7	10	11	13	12	14	8	9
Ekspert3	7	5	3	1	15	2	4	6	11	8	14	13	12	9	10
Ekspert4	6	3	1	2	12	5	4	7	8	9	14	15	13	11	10
Ekspert5	7	3	2	1	15	4	5	6	9	8	13	12	14	10	11
Коефицијент конкордације: $W=0.7287$															

Најзначајнији људски индикатори су: Н2-број повреда на раду (у даљем тексту означено са Н1), Н3-индекс личних вештина запосленог (Н2), Н4-степен поштовања радних процедура (Н3), Н6-индекс задовољства запосленог (Н4), и Н7-број грешака и омашки (Н5).

Табела 6.8. *Експертско рангирање организационих индикатора*

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16
Ekspert1	6	1	3	10	8	2	4	5	13	11	14	15	12	7	9	13
Ekspert2	6	2	4	10	7	1	3	5	14	12	13	16	11	8	9	15
Ekspert3	7	1	3	10	6	2	5	4	16	11	14	15	13	9	8	12
Ekspert4	6	3	1	10	8	2	4	5	13	12	11	16	14	7	9	15
Ekspert5	6	1	5	10	9	2	4	3	15	14	13	16	12	8	7	11
Коефицијент конкордације: $W=0.9270$																

Најзначајнији организациони индикатори су: О2-ефикасност управљања ресурсима заштите (у даљем тексту означено са О1), О3-удео послова са повећаним ризиком (О2), О6-број провера заштите на радним местима (О3), О7- средњи број сати обука запослених у току године (О4), и О8- број упутстава за безбедност и здравље на раду за запослене (О5).

Табела 6.9. *Експертско рангирање индикатора окружења*

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Ekspert1	1	2	3	6	4	5
Ekspert2	1	2	3	6	4	5
Ekspert3	1	2	3	6	4	5
Ekspert4	1	2	3	6	4	5
Ekspert5	1	2	3	6	4	5

Коефицијент конкордације: W=1

Најзначајнији индикатори окружења су: E1-ниво технологија заштите (у даљем тексту означено са EI1), E2-ниво имплементираних законских процедура (EI2), E3-број имплементираних додатних стандарда (EI3), E5-број расположивих база података о акцидентима (EI4), и E6-број расположивих фондова (EI5).

Након селектовања кључних индикатора, експерти су на заједничкој сесији обавили следеће поређење: поређење критеријума, поређење подкритеријума у односу на сваки појединачни критеријум, и поређење кључних индикатора у односу на сваки подкритеријум. То је искоришћено приликом креирања матрица поређења у паровима применом аналитичког хијерархијског процеса и фази аналитичког хијерархијског процеса.

#### 6.2.2.2. Резултати примене АНР метода

Након селектовања кључних индикатора, примењен је АНР метод, који је заснован на следећим поређењима: (1) поређењу дефинисаних критеријума (ризици, цена, друштвена одговорност); (2) поређењу подкритеријума (технички, људски, организациони фактори и фактори окружења) на основу сваког појединачног критеријума, и (3) поређењу кључних индикатора на основу сваког подкритеријума.

За потребе одређивања ранга и значаја појединачних индикатора система заштите, креиран је *АНР калкулатор*. На основу вредности унетих изнад главне дијагонале у матрицама поређења у паровима, аутоматски се одређују вредности тежина селектованих критеријума заштите методом аритметичке средине, највећа сопствена вредност матрице  $\lambda_{max}$ , индекс конзистентности CI и однос конзистентности CR на основу вредности случајног индекса RI за дату димензију матрице  $n$ , што је приказано на слици 6.3.

Решења, глобални приоритети појединачних индикатора, одређени су множењем тежина појединачних фактора и тежина добијених поређењем појединачних индикатора (слика 6.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Safety criteria				Normalized												
2		R	C	SR		R	C	SR	Sum	Wc		L max	n	CI	RI	CR	
3	R	1.0000	3.0000	3.0000		0.6000	0.6000	0.6000	1.8000	<b>0.6000</b>		3.0000	3.0000	0.0000	0.5800	0.0000	
4	C	0.3333	1.0000	1.0000		0.2000	0.2000	0.2000	0.6000	<b>0.2000</b>							
5	SR	0.3333	1.0000	1.0000		0.2000	0.2000	0.2000	0.6000	<b>0.2000</b>							
6		<b>1.6667</b>	<b>5.0000</b>	<b>5.0000</b>													
7																	
8	Risk				Normalized												
9		TF	HF	OF	EF	TF	HF	OF	EF	Sum	Wsc,1	L max	n	CI	RI	CR	
10	TF	1.0000	0.3333	0.3333	3.0000	0.1364	0.1316	0.1316	0.2143	0.6138	<b>0.1535</b>	4.0576	4.0000	0.0192	0.9000	0.0213	
11	HF	3.0000	1.0000	1.0000	5.0000	0.4091	0.3947	0.3947	0.3571	1.5557	<b>0.3889</b>						
12	OF	3.0000	1.0000	1.0000	5.0000	0.4091	0.3947	0.3947	0.3571	1.5557	<b>0.3889</b>						
13	EF	0.3333	0.2000	0.2000	1.0000	0.0455	0.0789	0.0789	0.0714	0.2748	<b>0.0687</b>						
14		<b>7.3333</b>	<b>2.5333</b>	<b>2.5333</b>	<b>14.0000</b>												
15																	
16	Cost				Normalized												
17		TF	HF	OF	EF	TF	HF	OF	EF	Sum	Wsc,2	Lmax	n	CI	RI	CR	
18	TF	1.0000	5.0000	3.0000	3.0000	0.5357	0.4167	0.5625	0.5625	2.0774	<b>0.5193</b>	4.0587	4.0000	0.0196	0.9000	0.0218	
19	HF	0.2000	1.0000	0.3333	0.3333	0.1071	0.0833	0.0625	0.0625	0.3155	<b>0.0789</b>						
20	OF	0.3333	3.0000	1.0000	1.0000	0.1786	0.2500	0.1875	0.1875	0.8036	<b>0.2009</b>						
21	EF	0.3333	3.0000	1.0000	1.0000	0.1786	0.2500	0.1875	0.1875	0.8036	<b>0.2009</b>						
22		<b>1.8667</b>	<b>12.0000</b>	<b>5.3333</b>	<b>5.3333</b>												

Слика 6.3. АНР калкулатор

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
76		<b>1.0000</b>	<b>1.0000</b>	<b>1.0000</b>			1.0000		
77									
78	Global priorities indicators								
79		w TF	w HF	w OF	w EF				
80		0.2097	0.2798	0.3513	0.1592				
81		x	x	x	x	Final	Rank		
82	T1	0.3333				<b>0.0699</b>	5	T1	
83	T2	0.1111				<b>0.0233</b>	16	T2	
84	T3	0.3333				<b>0.0699</b>	5	T3	
85	T4	0.1111				<b>0.0233</b>	16	T4	
86	T5	0.1111				<b>0.0233</b>	16	T5	
87	H1		0.1695			<b>0.0474</b>	7	H1	
88	H2		0.1695			<b>0.0474</b>	7	H2	
89	H3		0.4161			<b>0.1164</b>	3	H3	
90	H4		0.0755			<b>0.0211</b>	19	H4	
91	H5		0.1695			<b>0.0474</b>	7	H5	
92	O1			0.3333		<b>0.1171</b>	1	O1	
93	O2			0.1111		<b>0.0390</b>	10	O2	
94	O3			0.3333		<b>0.1171</b>	1	O3	
95	O4			0.1111		<b>0.0390</b>	10	O4	
96	O5			0.1111		<b>0.0390</b>	10	O5	
97	E1				0.4418	<b>0.0703</b>	4	E1	
98	E2				0.1650	<b>0.0263</b>	13	E2	
99	E3				0.1650	<b>0.0263</b>	13	E3	
100	E4				0.1650	<b>0.0263</b>	13	E4	
101	E5				0.0631	<b>0.0100</b>	20	E5	
102									

Слика 6.4. Резултати АНР калкулатора

Резултати поређења приказани су у Табелама 6.10-6.17. Следећи сопствени вектори су приказани у овим табелама: сопствени вектор критеријума односно аспеката заштите (Табела 6.10), сопствени вектори подкритеријума у односу на критеријуме заштите  $w_{sc,i}$  (Табеле 6.11-6.13), сопствени вектори алтернатива (Табеле 6.14-6.17), локалне тежине (критеријума заштите,  $w_c$ ; и индикатора  $w_{a,i}$ ), као и одговарајуће вредности неконзистентности.



Табела 6.10. *Поређење у паровима критеријума заштите*

	R	C	SR	$w_c$
R	1	3	3	0,600
C	1/3	1	1	0,200
SR	1/3	1	1	0,200
CR=0,0067				

Табела 6.11. *Поређење у паровима подкритеријума у односу на ризик*

	TF	HF	OF	EF	$w_{sc,1}$
TF	1	1/3	1/3	3	0,153
HF	3	1	1	5	0,389
OF	3	1	1	5	0,389
EF	1/3	1/5	1/5	1	0,069
CR=0,022					

Табела 6.12. *Поређење у паровима подкритеријума у односу на цену*

	TF	HF	OF	EF	$w_{sc,2}$
TF	1	5	3	3	0,520
HF	1/5	1	1/3	1/3	0,079
OF	1/3	3	1	1	0,201
EF	1/3	3	1	1	0,201
CR=0,027					

Табела 6.13. *Поређење у паровима подкритеријума у односу на друштвену одговорност*

	TF	HF	OF	EF	$w_{sc,3}$
TF	1	1/3	1/5	1/5	0,069
HF	3	1	1/3	1/3	0,153
OF	5	3	1	1	0,389
EF	5	3	1	1	0,389
CR=0,022					

Табела 6.14. *Поређење у паровима кључних техничких индикатора*

	TI1	TI2	TI3	TI4	TI5	$w_{a,1}$
TI1	1	3	1	3	3	0,334
TI2	1/3	1	1/3	1	1	0,111
TI3	1	3	1	3	3	0,334
TI4	1/3	1	1/3	1	1	0,111
TI5	1/3	1	1/3	1	1	0,111
CR=0,0027						

Табела 6.15. *Поређење у паровима кључних људских индикатора*

	HI1	HI2	HI3	HI4	HI5	$w_{a,2}$
HI1	1	1	1/3	3	1	0,165
HI2	1	1	1/3	3	1	0,165
HI3	3	3	1	3	3	0,442
HI4	1/3	1/3	1/3	1	1/3	0,063
HI5	1	1	1/3	3	1	0,165
CR=0,0149						

Табела 6.16. *Поређење у паровима кључних организационих индикатора*

	OI1	OI2	OI3	OI4	OI5	$w_{a,3}$
OI1	1	3	1	3	3	0,334
OI2	1/3	1	1/3	1	1	0,111
OI3	1	3	1	3	3	0,334
OI4	1/3	1	1/3	1	1	0,111
OI5	1/3	1	1/3	1	1	0,111
CR=0,0027						

Табела 6.17. *Поређење у паровима кључних индикатора окружења*

	EI1	EI2	EI3	EI4	EI5	$w_{a,4}$
EI1	1	3	3	3	5	0,442
EI2	1/3	1	1	1	3	0,165
EI3	1/3	1	1	1	3	0,165
EI4	1/3	1	1	1	3	0,165
EI5	1/5	1/3	1/3	1/3	1	0,063
CR=0,0149						

На основу приказаних података, добијени су коначни приоритети.

**Коначни приоритет подкритеријума одређују се на следећи начин:**

$$[w_{sc}][w_c] = \begin{bmatrix} 0,153 & 0,520 & 0,069 \\ 0,389 & 0,079 & 0,153 \\ 0,389 & 0,201 & 0,389 \\ 0,069 & 0,201 & 0,389 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,6 \\ 0,2 \\ 0,2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,210 \\ 0,280 \\ 0,353 \\ 0,159 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{TF} \\ w_{HF} \\ w_{OF} \\ w_{EF} \end{bmatrix} \dots\dots\dots 6.18.$$

**Коначни приоритет кључних индикатора заштите у оквиру појединих фактора одређују се на следећи начин.**

TF (технички фактор)

$$[w_{a,1}][w_{TF}] = \begin{bmatrix} 0,334 \\ 0,111 \\ 0,334 \\ 0,111 \\ 0,111 \end{bmatrix} [0,210] = \begin{bmatrix} 0,070 \\ 0,023 \\ 0,070 \\ 0,023 \\ 0,023 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{TI1} \\ w_{TI2} \\ w_{TI3} \\ w_{TI4} \\ w_{TI5} \end{bmatrix} \dots\dots\dots 6.19.$$

HF (људски фактор)

$$[w_{a,2}][w_{HF}] = \begin{bmatrix} 0,165 \\ 0,165 \\ 0,442 \\ 0,063 \\ 0,165 \end{bmatrix} [0,280] = \begin{bmatrix} 0,046 \\ 0,046 \\ 0,124 \\ 0,018 \\ 0,046 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{HI1} \\ w_{HI2} \\ w_{HI3} \\ w_{HI4} \\ w_{HI5} \end{bmatrix} \dots\dots\dots 6.20.$$

OF (организациони фактор)

$$[w_{a,3}][w_{OF}] = \begin{bmatrix} 0,334 \\ 0,111 \\ 0,334 \\ 0,111 \\ 0,111 \end{bmatrix} [0,353] = \begin{bmatrix} 0,118 \\ 0,039 \\ 0,118 \\ 0,039 \\ 0,039 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{OI1} \\ w_{OI2} \\ w_{OI3} \\ w_{OI4} \\ w_{OI5} \end{bmatrix} \dots\dots\dots 6.21.$$

EF (фактор окружења)

$$[w_{a,1}][w_{EF}] = \begin{bmatrix} 0,442 \\ 0,165 \\ 0,165 \\ 0,165 \\ 0,063 \end{bmatrix} [0,159] = \begin{bmatrix} 0,070 \\ 0,026 \\ 0,026 \\ 0,026 \\ 0,010 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{EI1} \\ w_{EI2} \\ w_{EI3} \\ w_{EI4} \\ w_{EI5} \end{bmatrix} \dots\dots\dots 6.22.$$

### 6.2.2.3. Резултати примене ФАНР метода

Резултати поређења су приказани у табелама 6.18-6.25. Табела 6.18 садржи резултате поређења у паровима аспеката заштите. Следеће три табеле, од 6.19 до 6.21, садрже резултате поређења у паровима фактора заштите у односу на ризик, трошкове и друштвену одговорност, респективно. Након тога, у табелама 6.22 до 6.25, приказани су резултати поређења кључних индикатора у односу на појединачне факторе.

Сви резултати дефазификације су дати за умерени ( $\lambda=0,5$ ) и оптимистички ( $\lambda=1$ ) став према ризику одлучивања.

Табела 6.18. Фази поређење у паровима критеријума заштите

	R	C	SR	Фази тежине $w_{ci}$	Обичне тежине $w_{ci}$	
					$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$
<b>R</b>	$\bar{1}$	$\bar{3}$	$\bar{3}$	(0.1579, 0.6000, 1.6337)	0.5779	0.5845
<b>C</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	(0.1158, 0.2000, 0.7426)	0.2431	0.2466
<b>SR</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}$	(0.0807, 0.2000, 0.4455)	0.1789	0.1689

Табела 6.19. Фази поређење у паровима подкритеријума у односу на ризик

	TF	HF	OF	EF	Фази тежине $x_{il}$	Обичне тежине $x_{il}$	
						$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$
<b>TF</b>	$\bar{1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}$	(0.0590, 0.1768, 0.5257)	0.1750	0.1762
<b>HF</b>	$\bar{3}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$\bar{5}$	(0.1475, 0.3788, 1.0513)	0.3924	0.3957
<b>OF</b>	$\bar{3}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{5}$	(0.1311, 0.3788, 0.9199)	0.3618	0.3586
<b>EF</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{5}^{-1}$	$\bar{5}^{-1}$	$\bar{1}$	(0.0365, 0.0657, 0.1752)	0.0708	0.0696

Табела 6.20. Фази поређење у паровима подкритеријума у односу на трошкове

	TF	HF	OF	EF	Фази тежине $x_{i2}$	Обичне тежине $x_{i2}$	
						$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$
<b>TF</b>	$\bar{1}$	$\bar{5}$	$\bar{3}$	$\bar{3}$	(0.1525, 0.4891, 1.3558)	0.4692	0.4656
<b>HF</b>	$\bar{5}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	(0.0392, 0.0761, 0.2511)	0.0835	0.0826
<b>OF</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	(0.0814, 0.2174, 0.7532)	0.2390	0.2449
<b>EF</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}$	(0.0644, 0.2174, 0.6026)	0.2079	0.2069

Табела 6.21. Фази поређење у паровима подкритеријума у односу на друштвену одговорност

	TF	HF	OF	EF	Фази тежине $x_{i3}$	Обичне тежине $x_{i3}$	
						$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$
<b>TF</b>	$\bar{1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{5}^{-1}$	$\bar{5}^{-1}$	(0.0365, 0.0657, 1.7949)	0.0660	0.0656
<b>HF</b>	$\bar{3}$	$\bar{1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	(0.0590, 0.1768, 5.3846)	0.1949	0.1960
<b>OF</b>	$\bar{5}$	$\bar{3}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	(0.1475, 0.3788, 10.7692)	0.3925	0.3929
<b>EF</b>	$\bar{5}$	$\bar{3}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}$	(0.1311, 0.3788, 9.4231)	0.3467	0.3455

Табела 6.22. Фази поређење у паровима кључних техничких индикатора

	TI1	TI2	TI3	TI4	TI5	Фази тежине $w_I^p$	Обичне тежине $w_I^p$	
							$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$
<b>TI1</b>	$\bar{1}$	$\bar{3}$	$\bar{1}$	$\bar{3}$	$\bar{3}$	(0.0877, 0.3333, 1.0837)	0.3307	0.3333
<b>TI2</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	(0.0596, 0.1111, 0.5133)	0.1431	0.1469
<b>TI3</b>	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{3}$	$\bar{1}$	$\bar{3}$	$\bar{3}$	(0.0760, 0.3333, 0.9696)	0.3080	0.3065
<b>TI4</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	(0.0480, 0.1111, 0.3992)	0.1204	0.1201
<b>TI5</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}$	(0.0363, 0.1111, 0.2852)	0.0978	0.0932

Табела 6.23. Фази поређење у паровима кључних људских индикатора

	HI1	HI2	HI3	HI4	HI5	Фази тежине $w_2^p$	Обичне тежине $w_2^p$	
							$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$
<b>HI1</b>	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}$	$\bar{1}$	(0.0737, 0.1919, 0.7414)	0.2157	0.2196
<b>HI2</b>	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$\bar{3}$	$\bar{1}$	(0.0760, 0.2121, 0.7414)	0.2234	0.2243
<b>HI3</b>	$\bar{3}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{3}$	$\bar{3}$	(0.0760, 0.3333, 0.9696)	0.3080	0.3065
<b>HI4</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{3}^{-1}$	(0.0316, 0.0707, 0.2852)	0.0824	0.0837
<b>HI5</b>	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}$	$\bar{1}$	(0.0503, 0.1919, 0.5133)	0.1704	0.1659

Табела 6.24. Фази поређење у паровима кључних организационих индикатора

	OI1	OI2	OI3	OI4	OI5	Фази тежине $w_3^p$	Обичне тежине $w_3^p$	
							$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$
<b>OI1</b>	$\bar{1}$	$\bar{3}$	$\bar{1}$	$\bar{3}$	$\bar{3}$	(0.0877, 0.3333, 1.0837)	0.3307	0.3333
<b>OI2</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	(0.0596, 0.1111, 0.5133)	0.1431	0.1469
<b>OI3</b>	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{3}$	$\bar{1}$	$\bar{3}$	$\bar{3}$	(0.0760, 0.3333, 0.9696)	0.3080	0.3065
<b>OI4</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	(0.0480, 0.1111, 0.3992)	0.1204	0.1201
<b>OI5</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}$	(0.0363, 0.1111, 0.2852)	0.0978	0.0932

Табела 6.25. Фази поређење у паровима кључних индикатора окружења

	EI1	EI2	EI3	EI4	EI5	Фази тежине $w_i^p$	Обичне тежине $w_i^p$	
							$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$
<b>EI1</b>	$\bar{1}$	$\bar{3}$	$\bar{3}$	$\bar{3}$	$\bar{5}$	(0.1160, 0.4144, 1.1891)	0.3923	0.3893
<b>EI2</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$\bar{3}$	(0.0696, 0.1750, 0.6721)	0.2007	0.2056
<b>EI3</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$\bar{3}$	(0.0586, 0.1750, 0.5687)	0.1796	0.1805
<b>EI4</b>	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}^{-1}$	$\bar{1}$	$\bar{3}$	(0.0475, 0.1750, 0.4653)	0.1586	0.1554
<b>EI5</b>	$\bar{5}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{3}^{-1}$	$\bar{1}$	(0.0289, 0.0608, 0.2240)	0.0688	0.0691

На основу презентираних података, а према једначинама 6.14 и 6.15, добијени су следећи резултати.

**Коначни приоритет подкритеријума одређују се на следећи начин:**

$$W_{sc} = X \otimes W_c = \begin{bmatrix} (0.0299, 0.2170, 2.6652) \\ (0.0326, 0.2778, 4.3030) \\ (0.0420, 0.3465, 6.8603) \\ (0.0238, 0.1586, 4.9321) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{TF} \\ w_{HF} \\ w_{OF} \\ w_{EF} \end{bmatrix} \dots \dots \dots 6.23.$$

**Коначни приоритет кључних индикатора заштите одређују се на следећи начин:**

$$[w_1^p][w_{TF}] = \begin{bmatrix} (0.0026, 0.0723, 2.8882) \\ (0.0018, 0.0241, 1.3681) \\ (0.0023, 0.0723, 2.5842) \\ (0.0014, 0.0241, 1.0641) \\ (0.0011, 0.0241, 0.7600) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{TI1} \\ w_{TI2} \\ w_{TI3} \\ w_{TI4} \\ w_{TI5} \end{bmatrix} \dots \dots \dots 6.24.$$

$$[w_2^p][w_{HF}] = \begin{bmatrix} (0.0024, 0.0533, 3.1905) \\ (0.0025, 0.0589, 3.1905) \\ (0.0025, 0.0926, 4.1721) \\ (0.0010, 0.0196, 1.2271) \\ (0.0016, 0.0533, 2.2088) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{HI1} \\ w_{HI2} \\ w_{HI3} \\ w_{HI4} \\ w_{HI5} \end{bmatrix} \dots \dots \dots 6.25.$$

$$[w_3^p][w_{OF}] = \begin{bmatrix} (0.0037, 0.1155, 7.4342) \\ (0.0025, 0.0385, 3.5215) \\ (0.0032, 0.1155, 6.6516) \\ (0.0020, 0.0385, 2.7389) \\ (0.0015, 0.0385, 1.9564) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{OI1} \\ w_{OI2} \\ w_{OI3} \\ w_{OI4} \\ w_{OI5} \end{bmatrix} \dots \dots \dots 6.26.$$

$$[w_4^P][w_{EF}] = \begin{bmatrix} (0.0028, 0.0657, 5.8646) \\ (0.0017, 0.0278, 3.3148) \\ (0.0014, 0.0278, 2.8048) \\ (0.0011, 0.0278, 2.2949) \\ (0.0007, 0.0096, 1.1049) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{EI1} \\ w_{EI2} \\ w_{EI3} \\ w_{EI4} \\ w_{EI5} \end{bmatrix} \dots \dots \dots .6.26.$$

Након дефазификације коначних тежина фактора и алтернатива, на основу једначине 6.17, рангирани су фактори и кључни индикатори заштите.

За потребе одређивања ранга и значаја појединачних индикатора система заштите применом фази аналитичког хијерахијског процеса креиран је *FAHP* калкулатор. На основу вредности унетих изнад главне дијагонале у матрицама поређења у паровима, аутоматски се одређују вредности тежина селектованих критеријума заштите методом екстензија, а дефазификација је одређена за различите вредности  $\lambda$  (од 0 до 1, са кораком 0,1), као и методом тежишта (слика 6.5).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1			R			C			SR		Suma			Fuzzy Tezine			vrednosti			Tezine				
2	R	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	3.00	7.00	11.00	0.1579	0.6000	1.6337	0.3789	0.7479	1.1168	0.5596	0.5779	0.5845			
3	C	0.20	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.20	2.33	5.00	0.1158	0.2000	0.7426	0.1579	0.3146	0.4713	0.2332	0.2431	0.2466		
4	SR	0.20	0.33	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.53	2.33	3.00	0.0807	0.2000	0.4455	0.1404	0.2316	0.3228	0.2073	0.1789	0.1689		
5											6.73	11.67	19.00			lam	0.00	0.50	1.00				=0.5*(lam*a3+a2+(1-lam)*a1)	
6																Suma	0.6772	1.2940	1.9109					
7																								

Слика 6.5. Међурезултат *FAHP* калкулатора

Завршни резултат омогућава рангирање индикатора на основу вредности добијених дефазификацијом за различите вредности  $\lambda$ , и поређење добијене вредности са резултатом примене метода тежишта (слика 6.6).

																		Center of gravity					
0.4	Norm	Rank	0.5	Norm	Rank	0.6	Norm	Rank	0.7	Norm	Rank	0.8	Norm	Rank	0.9	Norm	Rank	1.0	Norm	Rank	Norm	Rank	
0.6146	0.0489	9	0.7589	0.0487	9	0.9031	0.0485	9	1.0474	0.0484	9	1.1921	0.0484	9	1.3360	0.0483	9	1.4803	0.0483	9	0.9877	0.0483	9
0.2862	0.0228	16	0.3545	0.0227	16	0.4228	0.0227	16	0.4912	0.0227	16	0.5597	0.0227	16	0.6278	0.0227	16	0.6961	0.0227	16	0.4647	0.0227	16
0.5537	0.0440	12	0.6828	0.0438	12	0.8119	0.0436	12	0.9410	0.0435	12	1.0704	0.0434	12	1.1992	0.0434	12	1.3282	0.0433	12	0.8863	0.0433	12
0.2253	0.0179	19	0.2784	0.0179	19	0.3316	0.0178	19	0.3847	0.0178	19	0.4380	0.0178	19	0.4910	0.0178	19	0.5441	0.0177	19	0.3632	0.0178	19
0.1644	0.0131	20	0.2023	0.0130	20	0.2403	0.0129	20	0.2782	0.0129	20	0.3163	0.0128	20	0.3541	0.0128	20	0.3921	0.0128	20	0.2617	0.0128	20
0.6655	0.0529	8	0.8249	0.0529	8	0.9843	0.0529	8	1.1437	0.0529	8	1.3034	0.0529	8	1.4625	0.0529	8	1.6219	0.0529	8	1.0821	0.0529	8
0.6683	0.0531	7	0.8277	0.0531	7	0.9871	0.0530	7	1.1465	0.0530	7	1.3063	0.0530	7	1.4653	0.0530	7	1.6247	0.0530	7	1.0840	0.0530	7
0.8815	0.0701	4	1.0900	0.0699	4	1.2984	0.0698	4	1.5069	0.0697	4	1.7158	0.0696	4	1.9239	0.0696	4	2.1324	0.0695	4	1.4224	0.0695	4
0.2556	0.0203	17	0.3169	0.0203	17	0.3782	0.0203	17	0.4395	0.0203	17	0.5009	0.0203	17	0.5621	0.0203	17	0.6234	0.0203	17	0.4159	0.0203	17
0.4689	0.0373	14	0.5793	0.0371	14	0.6896	0.0371	14	0.8000	0.0370	14	0.9106	0.0369	14	1.0207	0.0369	14	1.1310	0.0369	14	0.7546	0.0369	14
1.5457	0.1229	1	1.9172	0.1229	1	2.2887	0.1230	1	2.6603	0.1230	1	3.0323	0.1230	1	3.4033	0.1231	1	3.7748	0.1231	1	2.5178	0.1231	1
0.7243	0.0576	5	0.9002	0.0577	5	1.0762	0.0578	5	1.2521	0.0579	5	1.4285	0.0580	5	1.6040	0.0580	5	1.7800	0.0580	5	1.1875	0.0580	5
1.3890	0.1104	2	1.7215	0.1104	2	2.0539	0.1104	2	2.3863	0.1103	2	2.7192	0.1103	2	3.0511	0.1103	2	3.3836	0.1103	2	2.2568	0.1103	2
0.5676	0.0451	11	0.7045	0.0452	11	0.8413	0.0452	11	0.9782	0.0452	11	1.1153	0.0453	11	1.2519	0.0453	11	1.3887	0.0453	11	0.9265	0.0453	11
0.4110	0.0327	15	0.5087	0.0326	15	0.6065	0.0326	15	0.7042	0.0326	15	0.8022	0.0325	15	0.8997	0.0325	15	0.9974	0.0325	15	0.6655	0.0325	15
1.2066	0.0959	3	1.4997	0.0962	3	1.7928	0.0963	3	2.0859	0.0965	3	2.3794	0.0965	3	2.6721	0.0966	3	2.9652	0.0967	3	1.9777	0.0967	3
0.6773	0.0538	6	0.8430	0.0541	6	1.0086	0.0542	6	1.1743	0.0543	6	1.3402	0.0544	6	1.5056	0.0544	6	1.6713	0.0545	6	1.1147	0.0545	6
0.5753	0.0457	10	0.7154	0.0459	10	0.8556	0.0460	10	0.9958	0.0460	10	1.1362	0.0461	10	1.2761	0.0461	10	1.4163	0.0462	10	0.9447	0.0462	10
0.4732	0.0376	13	0.5879	0.0377	13	0.7026	0.0378	13	0.8172	0.0378	13	0.9321	0.0378	13	1.0466	0.0378	13	1.1613	0.0379	13	0.7746	0.0379	13
0.2260	0.0180	18	0.2812	0.0180	18	0.3364	0.0181	18	0.3916	0.0181	18	0.4470	0.0181	18	0.5021	0.0182	18	0.5573	0.0182	18	0.3718	0.0182	18
12.5799	1.0000		15.9949	1.0000		18.6100	1.0000		21.6250	1.0000		24.6459	1.0000		27.6550	1.0000		30.6700	1.0000		20.4599	1.0000	

Слика 6.6. Резултат *FAHP* калкулатора

#### 6.2.2.4. Анализа резултата

##### *Анализа резултата примене АНР метода*

На основу резултата добијених применом АНР метода, може се закључити следеће. Заштита је примарно заснована на процењеном ризику (тежина овог критеријума је  $w_R = 0,6$ , као што је приказано у табели 6.10). Критеријуми “цена” и “друштвена одговорност” су подједнако значајни ( $w_C = w_{SR} = 0,2$ , табела 6.10), али су мање вредновани у односу на критеријум “ризик”.

У односу на ризик, људски и организациони фактори су доминантни, а након њих технички фактори, док су најмање значајни фактори окружења ( $w_{HF,R} = w_{OF,R} = 0,389$ ;  $w_{TF,R} = 0,153$ ;  $w_{EF,R} = 0,069$ , табела 6.11). У односу на цену, најзначајнији су технички фактори, након њих организациони и фактори окружења, док су најмање значајни људски фактори ( $w_{TF,C} = 0,520$ ;  $w_{OF,C} = w_{EF,C} = 0,201$ ;  $w_{HF,C} = 0,079$ , табела 6.12). Организациони фактори и фактори окружења су доминантни у односу на друштвену одговорност, а након њих људски фактори, и коначно технички фактори ( $w_{OF,SR} = w_{EF,SR} = 0,389$ ;  $w_{HF,SR} = 0,153$ ;  $w_{TF,SR} = 0,069$ , табела 6.13).

Уколико се посматрају глобални приоритети подкритеријума, најзначајнији су организациони фактори ( $w_{OF} = 0,353$ ), након њих људски фактори ( $w_{HF} = 0,280$ ), технички фактори ( $w_{TF} = 0,210$ ), и фактори окружења ( $w_{EF} = 0,159$ ).

Међу техничким индикаторима, најзначајнији су број заштитних нивоа и број акцидната ( $w_{TI1} = w_{TI3} = 0,334$ , табела 6.14); међу људским индикаторима – степен поштовања радних процедура ( $w_{HI3} = 0,442$ , табела 6.15); међу организационим индикаторима – ефикасност управљања ресурсима заштите и број контрола радних места ( $w_{OI1} = w_{OI3} = 0,334$ , табела 6.16); а међу индикаторима окружења – ниво технологије заштите ( $w_{EI1} = 0,442$ , табела 6.17).

Индикатори који су најбоље ранжирани на основу коначних приоритета кључних индикатора заштите су: степен поштовања радних процедура ( $w_{HI,3} = 0,124$ ); ефикасност управљања ресурсима заштите ( $w_{OI,1} = 0,118$ ); број контрола радних места ( $w_{OI,3} = 0,118$ ); број нивоа заштите ( $w_{TI,1} = 0,070$ ); број акцидната ( $w_{TI,3} = 0,070$ ); и

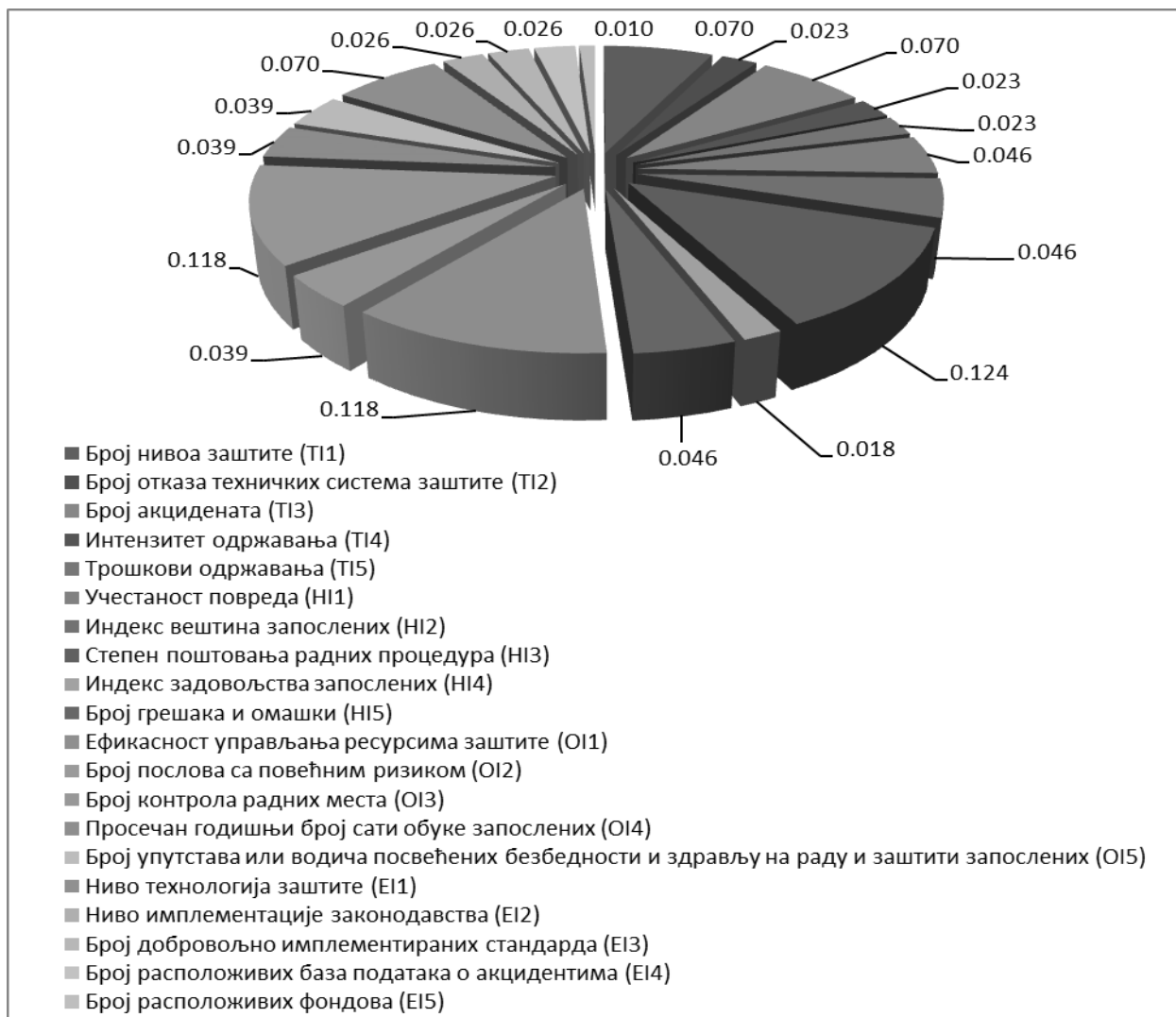


ниво технологија заштите ( $w_{EI,1} = 0,070$ ). Преференце осталих индикатора су приказане у табели 6.26 и на слици 6.7.

Са становишта заштите, веома је значајно да се прате индикатори активности, пошто они указују на квалитет активности које могу да спрече нежељене исходе (акциденте, повреде). Тако они указују на постојеће недостатке и иницирају одлуке које се односе на елиминисање тих недостатака.

Табела 6.26. Коначне тежине (FWs) индикатора заштите применом АНР метода

Фактори	Индикатори заштите	FWs	Ранг
Технички фактори (TF)	Број нивоа заштите (TI1)	0,070	4
	Број отказа техничких система заштите (TI2)	0,023	16
	Број акцидентата (TI3)	0,070	4
	Учестаност одржавања (TI4)	0,023	16
	Трошкови одржавања (TI5)	0,023	16
Људски фактори (HF)	Број повреда на раду (HI1)	0,046	7
	Индекс личних вештина запосленог (HI2)	0,046	7
	Степен поштовања радних процедура (HI3)	0,124	1
	Индекс задовољства запосленог (HI4)	0,018	19
	Број грешака и омашки (HI5)	0,046	7
Организациони фактори (OF)	Ефикасност управљања ресурсима заштите (OI1)	0,118	2
	Удео послова са повећаним ризиком (OI2)	0,039	10
	Број провера заштите на радним местима (OI3)	0,118	2
	Средњи број сати обука запослених у току године (OI4)	0,039	10
	Број упутстава за БЗНР за запослене (OI5)	0,039	10
Фактори окружења (EF)	Ниво технологија заштите (EI1)	0,070	4
	Ниво имплементираних законских процедура (EI2)	0,026	13
	Број имплементираних додатних стандарда (EI3)	0,026	13
	Број расположивих база података о акцидентима (EI4)	0,026	13
	Број расположивих фондова (EI5)	0,010	20



Слика 6.7. Резултати примене АНР метода

Резултати показују да се само мали број индикатора исхода налази међу најбоље ранжираним индикаторима. Најбоље ранжирани индикатор исхода, “број акцидента” је на петом месту. Усмеравање активности непрекидног надгледања и оптимизовање вредности индикатора активности доводи до смањења вредности индикатора последица, што је и основни циљ управљања заштитом. Ова студији случаја показује да смањивање акцидента и повреда може да се постигне повећањем нивоа поштовања радних процедура, ефикасношћу управљања ресурсима заштите, практичном контролом заштите, дефинисањем више нивоа заштите и вишим нивоом технологија заштите.

### *Анализа резултата примене FAHP метода*

На основу приказаних резултата добијених применом FAHP метода, може се закључити следеће. Заштита је примарно заснована на процењеном ризику. Критеријуми “трошкови” и “друштвена одговорност” су мање значајни у односу на критеријум “ризик” (табела 6.18).

У односу на ризик, људски и организациони фактори су доминантни, а након њих следе технички фактори, док су фактори окружења најмање значајни (табела 6.19). У односу на трошкове, технички фактори су најзначајнији, након њих организациони фактори и фактори окружења, док су људски фактори најмање значајни (табела 6.20).

Организациони фактори и фактори окружења су доминантни у односу на друштвену одговорност, а након њих људски фактори, и коначно, технички фактори (табела 6.21).

У односу на коначне приоритете подкритеријума, организациони фактори су најзначајнији, након њих фактори окружења, па људски и технички фактори (табела 6.27).

Табела 6.27. Коначне тежине (FWs) фактора заштите применом FAHP метода

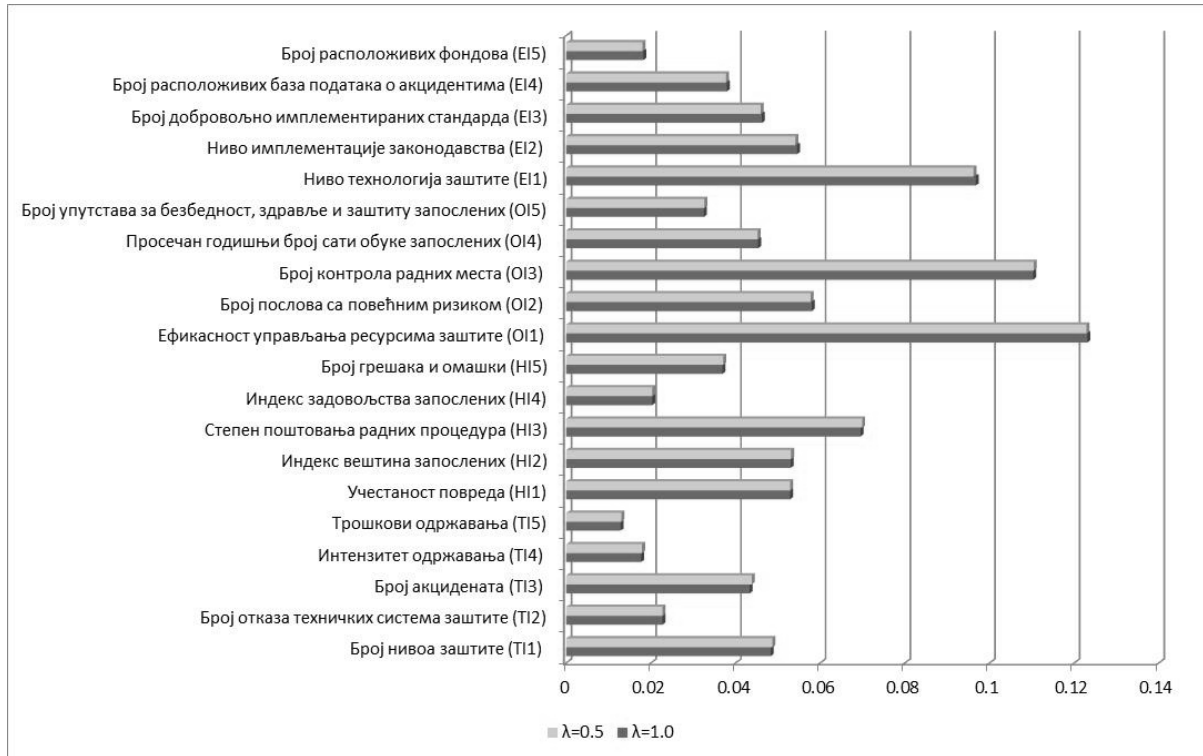
Фактори заштите	$\lambda=0,5$		$\lambda=1,0$	
	FWs	Ранг	FWs	Ранг
Технички фактори	0,1498	4	0,1459	4
Људски фактори	0,2342	3	0,2318	3
Организациони фактори	0,3636	1	0,3647	1
Фактори окружења	0,2524	2	0,2576	2

Међу техничким индикаторима, најзначајнији индикатор је број нивоа заштите; међу људским индикаторима – степен поштовања радних процедура; међу организационим индикаторима – ефикасност управљања ресурсима заштите; и међу факторима окружења – ниво технологија заштите (табеле 6.22 до 6.25, односно табела са збирним резултатима 6.28 и слика 6.8).

Табела 6.28. Коначне тежине (FWs) индикатора заштите применом FAHP метода

Фактори	Индикатори заштите	$\lambda=0,5$		$\lambda=1,0$	
		FWs	Ранг	FWs	Ранг
Технички фактори (TF)	Број нивоа заштите (TI1)	0,0487	9	0,0483	9
	Број отказа техничких система заштите (TI2)	0,0227	16	0,0227	16
	Број акцидентата (TI3)	0,0438	12	0,0433	12
	Учестаност одржавања (TI4)	0,0179	19	0,0177	19
	Трошкови одржавања (TI5)	0,0130	20	0,0128	20
Људски фактори (HF)	Број повреда на раду (HI1)	0,0529	8	0,0529	8
	Индекс личних вештина запосленог (HI2)	0,0531	7	0,0530	7
	Степен поштовања радних процедура (HI3)	0,0699	4	0,0695	4
	Индекс задовољства запосленог (HI4)	0,0203	17	0,0203	17
	Број грешака и омашки (HI5)	0,0371	14	0,0369	14
Организациони фактори (OF)	Ефикасност управљања ресурсима заштите (OI1)	0,1229	1	0,1231	1
	Удео послова са повећаним ризиком (OI2)	0,0577	5	0,0580	5
	Број провера заштите на радним местима (OI3)	0,1104	2	0,1103	2
	Средњи број сати обука запослених у току године (OI4)	0,0452	11	0,0453	11
	Број водила за БЗНР за запослене (OI5)	0,0326	15	0,0325	15
Фактори окружења (EF)	Ниво технологија заштите (EI1)	0,0962	3	0,0967	3
	Ниво имплементираних законских процедура (EI2)	0,0541	6	0,0545	6
	Број имплементираних додатних стандарда (EI3)	0,0459	10	0,0462	10
	Број расположивих база података о акцидентима (EI4)	0,0377	13	0,0379	13
	Број расположивих фондова (EI5)	0,0180	18	0,0182	18

Уколико се посматрају коначни приоритети кључних индикатора, следећи од њих су најзначајнији: ефикасност управљања ресурсима заштите; број провера заштите на радним местима; ниво технологија заштите; степен поштовања радних процедура; и удео послова са повећаним ризиком.



Слика 6.8. Резултат анализе применом *FAHP* метода за две вредности коефицијента  $\lambda$

### Поређење резултата

Поређење резултата добијених применом АНР и *FAHP* метода врши се на основу табеле 6.29, док се поређење резултата добијених применом *FAHP* метода за различите вредности  $\lambda$  коефицијента врши на основу табеле 6.30.

Табела 6.29. Резултати добијени применом АНР и FАНР метода

	АНР		FАНР (1,1,1), (1,1,3), $\delta=2$					
	Тежина	Ранг	$\lambda=0,0$		$\lambda=0,5$		$\lambda=1,0$	
	Тежина	Ранг	Тежина	Ранг	Тежина	Ранг	Тежина	Ранг
ТI1	0,070	4	0,0721	4	0,0487	9	0,0483	9
ТI2	0,023	16	0,0249	16	0,0227	16	0,0227	16
ТI3	0,070	4	0,0718	5	0,0438	12	0,0433	12
ТI4	0,023	16	0,0246	17	0,0179	19	0,0177	19
ТI5	0,023	16	0,0242	18	0,0130	20	0,0128	20
НI1	0,046	7	0,0536	8	0,0529	8	0,0529	8
НI2	0,046	7	0,0591	7	0,0531	7	0,0530	7
НI3	0,124	1	0,0915	3	0,0699	4	0,0695	4
НI4	0,018	19	0,0199	19	0,0203	17	0,0203	17
НI5	0,046	7	0,0529	9	0,0371	14	0,0369	14
ОI1	0,118	2	0,1146	1	0,1229	1	0,1231	1
ОI2	0,039	10	0,0394	10	0,0577	5	0,0580	5
ОI3	0,118	2	0,1142	2	0,1104	2	0,1103	2
ОI4	0,039	10	0,0390	11	0,0452	11	0,0453	11
ОI5	0,039	10	0,0385	12	0,0326	15	0,0325	15
ЕI1	0,070	4	0,0659	6	0,0962	3	0,0967	3
ЕI2	0,026	13	0,0283	13	0,0541	6	0,0545	6
ЕI3	0,026	13	0,0280	14	0,0459	10	0,0462	10
ЕI4	0,026	13	0,0278	15	0,0377	13	0,0379	13
ЕI5	0,010	20	0,0099	20	0,0180	18	0,0182	18

Табела 6.30. Резултати добијени применом *FANP* метода за различите вредности  $\lambda$  коефицијента

$\lambda$	0,0	Ранг	0,1	Ранг	0,2	Ранг	0,3	Ранг	0,4	Ранг	0,5	Ранг
ТI1	0,0721	4	0,0514	8	0,0498	9	0,0477	9	0,0489	9	0,0487	9
ТI2	0,0249	16	0,0230	16	0,0228	16	0,0221	16	0,0228	16	0,0227	16
ТI3	0,0718	5	0,0471	10	0,0451	10	0,0430	12	0,0440	12	0,0438	12
ТI4	0,0246	17	0,0186	18	0,0182	18	0,0175	18	0,0179	19	0,0179	19
ТI5	0,0242	18	0,0143	20	0,0135	20	0,0128	20	0,0131	20	0,0130	20
НI1	0,0536	8	0,0530	7	0,0529	7	0,0513	8	0,0529	8	0,0529	8
НI2	0,0591	7	0,0538	6	0,0534	6	0,0516	7	0,0531	7	0,0531	7
НI3	0,0915	3	0,0724	4	0,0709	4	0,0682	4	0,0701	4	0,0699	4
НI4	0,0199	19	0,0203	17	0,0203	17	0,0197	17	0,0203	17	0,0203	17
НI5	0,0529	9	0,0390	13	0,0379	13	0,0363	13	0,0373	14	0,0371	14
ОI1	0,1146	1	0,1220	1	0,1225	1	0,1190	1	0,1229	1	0,1229	1
ОI2	0,0394	10	0,0556	5	0,0569	5	0,0556	5	0,0576	5	0,0577	5
ОI3	0,1142	2	0,1108	2	0,1106	2	0,1071	2	0,1104	2	0,1104	2
ОI4	0,0390	11	0,0444	11	0,0449	12	0,0437	11	0,0451	11	0,0452	11
ОI5	0,0385	12	0,0333	15	0,0329	15	0,0318	15	0,0327	15	0,0326	15
ЕI1	0,0659	6	0,0926	3	0,0947	3	0,0926	3	0,0959	3	0,0962	3
ЕI2	0,0283	13	0,0510	9	0,0528	8	0,0519	6	0,0538	6	0,0541	6
ЕI3	0,0280	14	0,0438	12	0,0450	11	0,0441	10	0,0457	10	0,0459	10
ЕI4	0,0278	15	0,0365	14	0,0372	14	0,0363	14	0,0376	13	0,0377	13
ЕI5	0,0099	20	0,0171	19	0,0176	19	0,0173	19	0,0180	18	0,0180	18

Табела 6.30. Резултати добијени применом FАНР метода за различите вредности  $\lambda$  коефицијента (наставак)

$\lambda$	0,6	Ранг	0,7	Ранг	0,8	Ранг	0,9	Ранг	1,0	Ранг
Т11	0.0485	9	0.0484	9	0.0484	9	0.0483	9	0.0483	9
Т12	0.0227	16	0.0227	16	0.0227	16	0.0227	16	0.0227	16
Т13	0.0436	12	0.0435	12	0.0434	12	0.0434	12	0.0433	12
Т14	0.0178	19	0.0178	19	0.0178	19	0.0178	19	0.0177	19
Т15	0.0129	20	0.0129	20	0.0128	20	0.0128	20	0.0128	20
Н11	0.0529	8	0.0529	8	0.0529	8	0.0529	8	0.0529	8
Н12	0.0530	7	0.0530	7	0.0530	7	0.0530	7	0.0530	7
Н13	0.0698	4	0.0697	4	0.0696	4	0.0696	4	0.0695	4
Н14	0.0203	17	0.0203	17	0.0203	17	0.0203	17	0.0203	17
Н15	0.0371	14	0.0370	14	0.0369	14	0.0369	14	0.0369	14
О11	0.1230	1	0.1230	1	0.1230	1	0.1231	1	0.1231	1
О12	0.0578	5	0.0579	5	0.0580	5	0.0580	5	0.0580	5
О13	0.1104	2	0.1103	2	0.1103	2	0.1103	2	0.1103	2
О14	0.0452	11	0.0452	11	0.0453	11	0.0453	11	0.0453	11
О15	0.0326	15	0.0326	15	0.0325	15	0.0325	15	0.0325	15
Е11	0.0963	3	0.0965	3	0.0965	3	0.0966	3	0.0967	3
Е12	0.0542	6	0.0543	6	0.0544	6	0.0544	6	0.0545	6
Е13	0.0460	10	0.0460	10	0.0461	10	0.0461	10	0.0462	10
Е14	0.0378	13	0.0378	13	0.0378	13	0.0378	13	0.0379	13
Е15	0.0181	18	0.0181	18	0.0181	18	0.0182	18	0.0182	18

На основу анализе резултата може се закључити следеће. АНР и FАНР методи дају идентичне или минимално различите рангове за мале вредности  $\lambda$  (испод 0,2).

Међутим, FАНР метод за све алтернативе даје различиту тежину и ранг, што није карактеристично за АНР метод. То значи да се код АНР метода ради о слободном рангирању алтернатива, а код FАНР метода о стриктном рангирању. Уколико се, из неког разлога, инсистира на стриктном рангирању алтернатива, тако да алтернативе добију различите вредности тежина и рангове, неопходно је применити FАНР метод.

Разлика у ранговима добијеним применом АНР метода и FАНР метода за мале вредности  $\lambda$  коефицијента, изазвана је чињеницом да су експерти уместо идентичности



(1,1,1) за одређена поређења стављали вредност (1,1,3), што је узроковало да алтернатива са реципрочном вредношћу (1/3,1,1) има мању тежину, а самим тим и слабији ранг у односу на резултат добијен АНР методом. Уколико се изврше наведене корекције, добијају се готово идентични резултати применом оба метода (табела 6.31).

Табела 6.31. Приказ резултата добијених применом АНР и FАНР метода за  $\lambda=0$

Индикатори заштите	АНР		FАНР, $\lambda=0,0$	
	FWs	Ранг	FWs	Ранг
Број нивоа заштите (Т11)	0,070	4	0,071	4
Број отказа техничких система заштите (Т12)	0,023	16	0,024	16
Број акцидентата (Т13)	0,070	4	0,071	4
Учестаност одржавања (Т14)	0,023	16	0,024	16
Трошкови одржавања (Т15)	0,023	16	0,024	16
Број повреда на раду (Н11)	0,046	7	0,059	7
Индекс личних вештина запосленог (Н12)	0,046	7	0,059	7
Степен поштовања радних процедура (Н13)	0,124	1	0,114	1
Индекс задовољства запосленог (Н14)	0,018	19	0,019	19
Број грешака и омашки (Н15)	0,046	7	0,059	7
Ефикасност управљања ресурсима заштите (ОИ1)	0,118	2	0,103	2
Удео послова са повећаним ризиком (ОИ2)	0,039	10	0,039	10
Број провера заштите на радним местима (ОИ3)	0,118	2	0,103	2
Средњи број сати обука запослених у току године (ОИ4)	0,039	10	0,039	10
Број водила за БЗНР за запослене (ОИ5)	0,039	10	0,039	10
Ниво технологија заштите (ЕИ1)	0,070	4	0,065	6
Ниво имплементираних законских процедура (ЕИ2)	0,026	13	0,028	13
Број имплементираних додатних стандарда (ЕИ3)	0,026	13	0,028	13
Број расположивих база података о акцидентима (ЕИ4)	0,026	13	0,028	13
Број расположивих фондова (ЕИ5)	0,010	20	0,010	20

Детаљном анализом резултата добијених применом FАНР метода, који су приказани у табели 6.30, може се закључити да је редослед алтернатива за веће вредности  $\lambda$  коефицијента (0,2 и више) очуван, што се може сматрати релевантним за закључивање онда када се инсистира да оцењивање не буде егзактно, већ са одређеном толеранцијом, односно у одређеном ширем опсегу вредности.

### 6.2.3. Примена добијених резултата

Индикатори заштите квалитативно или квантитативно описују и “мере” специфичне ефекте, допринос или резултате које постиже систем заштите. Резултати анализе ових индикатора су основа за одлучивање у процесу управљања заштитом. Због тога, они треба да имају смисла, да буду информативни и мерљиви, односно треба да осликавају мишљење доносиоца одлуке на основу различитих стања у радној средини.

Индикатори треба да буду дефинисани у односу на све факторе који утичу на заштиту: техничке, људске, организационе и факторе окружења. Конкретан избор индикатора треба да буде конзистентан са ситуацијом у којој функционише систем заштите. То омогућава адекватно дефинисање индикатора активности и индикатора последица.

Са становишта заштите веома значајно је да се прате индикатори активности, пошто они указују на квалитет активности које могу спречити одређене нежељене исходе (акциденте и повреде). Тако они идентификују постојеће недостатке и иницирају доношење одлука о њиховом уклањању.

Студија случаја је приказала да индикатори исхода нису међу најбоље рангираним индикаторима у ПЗП „Ниш“. Најбоље рангирани индикатор исхода, “број акцидентата”, налази се на петом месту према резултатима примене АНР метода, односно на осмом месту према резултатима примене ГАНР метода и стриктног рангирања. Усмеравање активности ка континуалном надгледању и оптимизовању вредности индикатора активности доводи до смањења вредности индикатора исхода, што представља основни циљ управљања безбедношћу и здрављем на раду. На основу резултата ове студије случаја, редуковање акцидентата и повреда у компанијама за изградњу и одржавање путева може да се постигне повећањем нивоа ефикасности управљања ресурсима, броја провера заштите на радним местима, нивоа технологија заштите и праћењем радних процедура, односно смањењем броја послова са повећаним ризиком. Исправна дефиниција кључних индикатора заштите, њихово рангирање применом савремених метода рангирања, односно непрекидно надгледање и побољшање вредности најзначајнијих индикатора помаже повећању квалитета система управљања заштитом и, на основу тога, конкурентности компаније.

Стога се кључни индикатори примењују за:

- формирање базе података, информација и знања о заштити;
- изградњу модела и концепата заштите;
- квалитетно управљање интегрисаним системом заштите;

- подршку одлучивању и тимском раду.

У даљем тексту дат је опис наведених примена кључних индикатора.

### **6.2.3.1. Формирање базе података, информација и знања о заштити**

Приликом разматрања заштите, најважније је праћење стања и оцењивање система заштите. Да би се адекватно разматрао систем заштите, неопходно је испуњавање одређених предуслова, са становишта расположивости података и информација, као и знања неопходног да би се доносиле адекватне одлуке у систему заштите.

Иако фундаментални појмови, податак, информација и знање често се на различите начине интерпретирају (*Liew, 2007*). Подаци су чињенице, појмови или догађаји представљени, записани или регистровани на унапред договорени, формализовани начин (*Tošić, 1994*). Они се представљају у континуалном или, најчешће, дискретном облику, помоћу низова симбола и правила за регистровање, омогућавајући симболичко приказивање одређеног дела стварности. Низ знакова представља податак уколико има одређену сврху и уколико му се може доделити одређени смисао (*Tošić, 1994*). Нумерички, знаковни, логички и текстуални подаци су најчешћи типови података који се користе. Податак је, дакле,

- репрезентација чињеница, концепата или инструкција на формализовани начин, погодна за комуникацију, интерпретацију или даљу обраду од стране корисника или примаоца, односно људи, или аутоматски, помоћу за то специјално креираних уређаја (према *ISO2382, 1995*);
- једноставна, необрађена, изолована чињеница која има неко значење (*Petković et al., 2004*);
- знаковни приказ чињеница и појмова који описују својства објеката и њихових односа у простору и времену.

Сами подаци немају сврху уколико немају одређени смисао и одређено значење за особе или машине које их користе. Обрадом података настају информације. Информација представља:

- резултат формирања, моделирања, организовања или трансформације података како би подаци имали смисао корисницима или примаоцима;
- смисао додељен подацима на основу договора за њихово представљање (*ISO2382, 1995*);

- податке организоване тако да им је додељено одређено значење или смисао помоћу релационих веза;
- податак обрађен у облику који за примаоца или корисника има одређено значење, стварну или потенцијалну вредност;
- податке посматране у одређеном контексту и комбиноване унутар структуре (*Petković et al., 2004*);
- значење које људи или машине додељују подацима на основу конвенција за приказивање и интерпретирање података (*WAWTI, 2011*).

Подаци су чињенице, појмови или догађаји описани на унапред дефинисани, формализовани начин, помоћу низова знакова или симбола, а имају вредност само ако могу да се бележе, региструју, обрађују и саопштавају корисницима. Информација је резултат обликовања, моделирања, организовања и трансформације података на начин који даје одређени смисао подацима, повећавајући ниво знања корисницима или примаоцима информација. Подаци су организовани скупови података, док су информације подаци којима је дат одређени смисао.

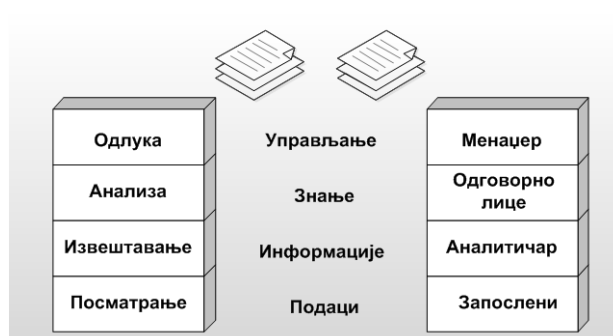
На основу информација стиче се или увећава знање о области, предмету или појави. Знање је формализована информација, на коју се позива или која се користи у процесу закључивања, односно логичког извођења (*Tošić, 1994*). Знање је:

- комбинација искуства, вредности, контекстуалних информација, експертског мишљења и интуиције, која омогућава евалуацију и инкорпорацију новог искуства и информација, а налази се у мислима појединца, документима, али и организационим поступцима, процесима, праксама и нормама (*Wallace, 2007*);
- информација којој је додељено значење, односно смисао;
- комбинација организованог искуства, вредности, информација и погледа, која ствара оквир за евалуацију новог искуства и нових информација (*Sydanmaanlakka, 2002*).

Рачунарски системи који користе експлицитно представљено знање називају се интелигентни системи или системи засновани на знању, међу којима су најпознатији експертни системи и системи за подршку одлучивању, који на основу знања и правила закључивања могу да доносе одлуке, замењујући експерте.

Хијерархијски модел анализе нежељених догађаја приказан је на слици 6.9. Овај модел подразумева идентификовање нежељених догађаја, извештавање на основу

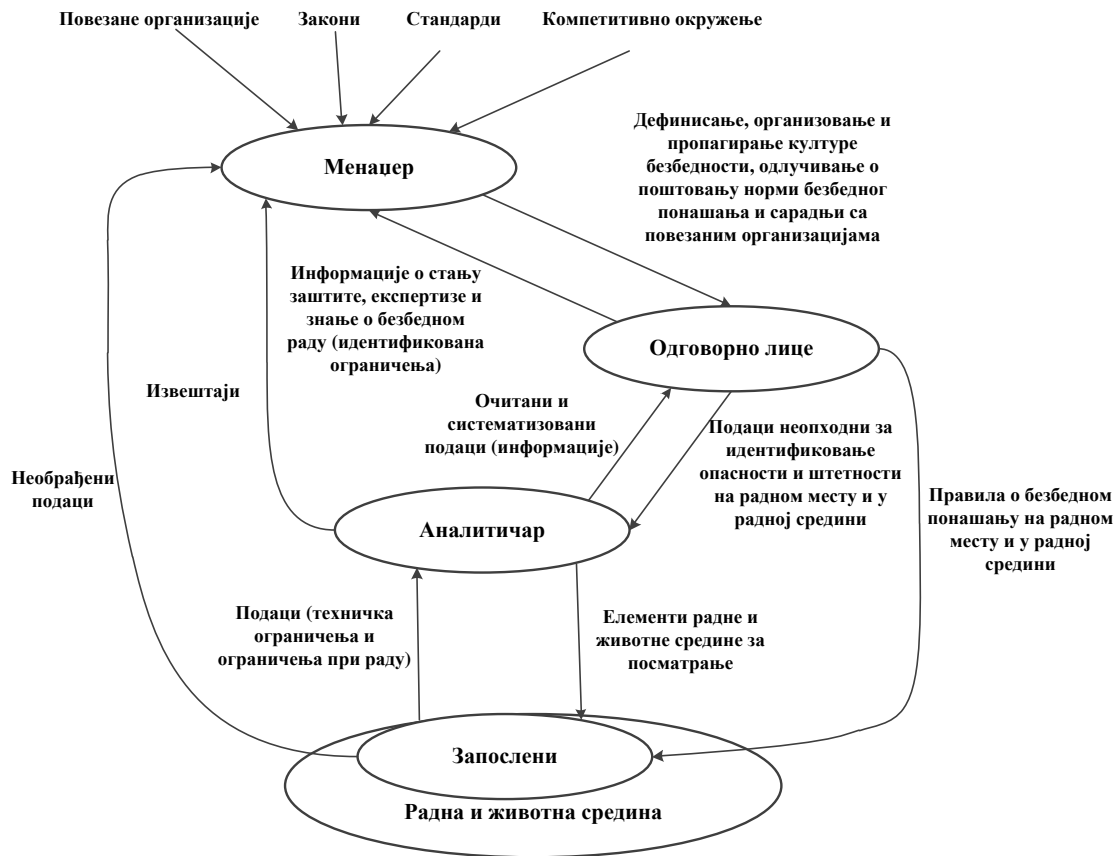
расположивих и прикупљених података, анализу података и стицање новог знања на основу кога се обавља одлучивање.



Слика 6.9. Хијерархијски модел анализе нежељених догађаја у систему заштите

На следећој слици приказани су токови размене података, информација и знања у систему заштите између кључних актера. Управљачки органи иницирају, организују и пропагирају културу безбедности, норме безбедног понашања и сарадњу са сродним организацијама по питању безбедности на основу контекста са повезаним организацијама, законима, стандардима у области пословања и подацима добијеним анализом компетитивног окружења.

Одговорна лица за безбедност и здравље на раду, односно за испитивање опреме за рад и услова радне околине, иницирају прикупљање података неопходних за оцену стања радне средине, правила безбедног понашања, као и идентификовање потенцијалних опасности и штетности. На основу података о стању радне средине, техничких и других ограничења при обављању радних активности, систематизацијом се идентификују информације неопходне за иницирање мера заштите (увођења нових или унапређења постојећих) и формира знање о безбедном раду. На основу свих информација и стеченог знања, управљачки органи иницирају увођење промена у систему заштите. Одговорна лица и особе за мерење параметара радне средине не морају бити део организације, већ могу бити посебно ангажована. Такође, послодавци који деле радни простор, дужни су да сарађују у примени прописаних мера за безбедност и здравље на раду.



Слика 6.10. Размена података, информација и знања у систему заштите

Интерактиван тимски рад не омогућава само трансфер постојећег знања у организацији, већ поједностављује креирање новог знања и систематизовање постојећег (*Inkpen, 1998*). Генерисање знања може бити успостављање нове праксе заштите, промена организационе културе заштите, увођење новог метода експертизе и ново комбиновање расположивих ресурса. Основа креирања знања је успостављање координације активности, уз разликовање три основна начина генерисања знања: дељење знања, интеграција знања и колективно учење (*Fong, 2003*).

Спирала организационог знања, у којој је приказана трансформација знања из имплицитног у експлицитно, и обрнуто, приказана је на слици 6.11. Поступком социјализације се преноси имплицитно знање у организацији, док екстернализација омогућава да се имплицитно знање трансформише у експлицитно путем дијалога и рефлексива. Интернализација експлицитно знање преводи у имплицитно учењем и практичним искуством, док се ново експлицитно знање ствара комбинацијом, односно систематизовањем и применом постојећег експлицитног знања и информација.



Слика 6.11. *Спирала организационог знања (Nonaka&Konno, 1998)*

На основу спирале знања, у хијерархији организације, појединци међусобно интерагују, као и са особама ван организације (корисницима, сарадницима, другим организацијама). Ове интеракције су кључне за организационо учење о заштити, омогућавајући да појединци деле своја искуства и знања, као основу за генерисање организационог знања. На основу (*Leonard-Barton, 1995*), кооперација између организација у променљивом окружењу помаже размену знања, како би се заједничким напорима развило ново, пре свега технолошко знање. У систему заштите, многи нежељени догађаји су веома ретки, али са несагледивим последицама по запослене, животну средину и окружење. Зато је посебно важна размена искустава о таквим догађајима, ефекатима, као и мерама заштите.

Могућност брзог одлучивања је изузетно значајна у систему заштите. Омогућава спречавање појаве нежељених догађаја и редуковање њихових последица, а самим тим и конкурентску предност организације. Да би се омогућило брзо и ефикасно одлучивање, смањило време доношења одлука и повећала флексибилност одговора након појаве промене у систему, неопходно је омогућити ефикасну размену знања између појединаца и јединица у организацији. Да би се то реализовало, идентификују се токови размене знања у организацији, који се односе на својства производа и процеса, искуства, ресурсе, дозвољене промене и друго. Мрежа алата у систему размене знања приказана је на следећој слици.



Слика 6.12. Мрежа алата у систему размене знања (Vizon et al., 2004)

На основу анализе организационих процеса дефинишу се неопходни ресурси заштите, омогућава управљање односима са корисницима (запосленима и другим учесницима у процесима), односно идентификује поступак управљања набавкама. Неопходни ресурси дефинишу се на основу идентификованих процеса. Потребe корисника и повратне информације утичу на адекватно управљање животним циклусом, а одређена ограничења процеса утичу на неопходне повезане активности.

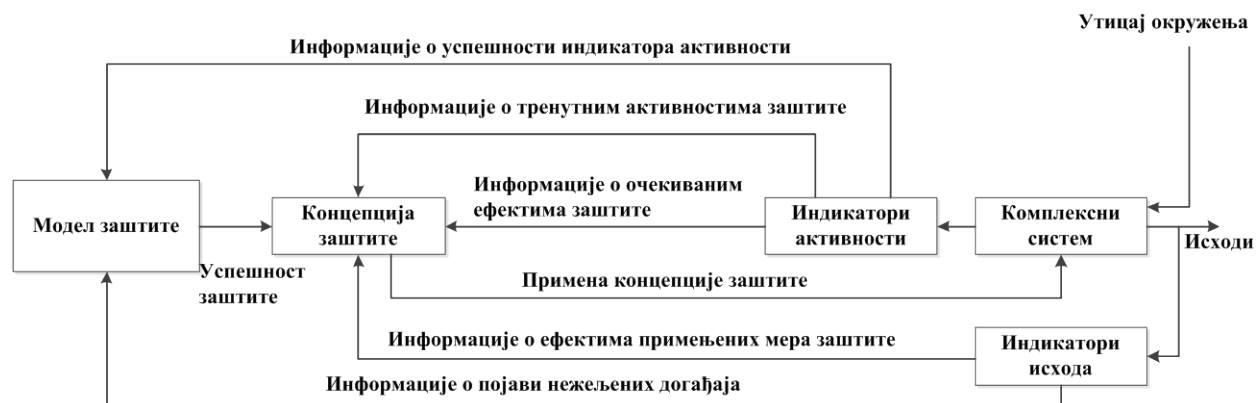
### 6.2.3.2. Изградња модела и концепата заштите

Да би систем био контролисан, неопходно је да постоје одређене повратне информације из процеса и из окружења. Те повратне петље, као и везе са појединачним типовима индикатора, приказане су на слици 6.13 (Reiman et al., 2011).

Идентификовани кључни индикатори заштите се разматрају у контексту комплексног друштвено-техничког система. Прате се њихове вредности, а на основу тога се иницирају акције. Индикатори исхода представљају информације о ефектима примењених мера заштите и појави нежељених догађаја, њиховом обиму и последицама. Индикатори активности одређују очекиване ефекте заштите и описују тренутне активности усмерене ка смањењу претходно идентификованих недостатака у систему заштите са становишта могуће појаве нежељених догађаја. Модел заштите се мења сходно информацијама о појави нежељених догађаја и успешности индикатора активности. Све ове информације утичу на унапређење система заштите променом



(унапређењем) концепције заштите, која се примењује у комплексном друштвено-техничком систему. Утицај окружења на комплексни систем такође је значајан, превасходно информације које се односе на дефинисање и примену стандарда и законских процедура, као и конкурентска искуства на пољу заштите.



Слика 6.13. Информациони токови и индикатори у систему заштите (адаптирано према Reiman et al., 2011)

Да би се проценило да ли је информациони ток одговарајући, опште методологије и технике за генерисање, трансфер и обраду информација могу да се примене на различитим нивоима. Тенденција је развој информационих система управљања који поједностављују процес управљања информацијама о заштити. Први корак је вођење евиденције у домену безбедности и здравља на раду, управљање информацијама о удесним догађајима, отказима, резултатима тестирања и одржавања, односно формирање одговарајућих база података о удесним догађајима, инцидентима и потенцијалним узроцима.

### 6.2.3.3. Управљање интегрисаним системом заштите

Интегрисани систем заштите, разматран као комплексни систем, неопходно је да има посебан механизам за документовано управљање ризицима, како би се омогућило његово ефикасно развијање у току свих фаза животног циклуса заштите.

Извршавање процеса заштите повезано је са постојањем адекватних информација о радном и животном окружењу, без којих активности заштите не могу да буду обављене на ефикасан и ефективан начин. Неопходно је утврдити које информације су потребне, односно које особе захтевају те информације и где их могу потражити.

Уз претпоставку да се процеси заштите третирају као међусобно повезан и/или зависан скуп активности које се односе на заштиту, успешно извршавање ових организационих

активности у сложеним системима зависи од квалитета управљања информацијама о заштити. Због тога се информације о заштити могу третирали као знање, подаци или чињенице које се добијају на основу анализе стања радне и животне средине, експеримената или конкретних мерења, а неопходно их је користити приликом утврђивања правих и адекватних акција или мера које утичу на захтевани (пројектовани) ниво заштите или га обезбеђују.

Такође, значајан аспект који се подразумева у моделима животног циклуса заштите односи се на квалитет података и информација које је неопходно обезбедити актерима. Квалитет информација о заштити може се дефинисати у контексту обима или садржаја у коме су информације погодне да буду примењене приликом утврђивања или имплементирања одговарајућих акција заштите или мера заштите. Успешност постизања циља одређене активности заштите значајно зависи од расположивости неопходних улазних информација. Потреба за управљањем изворима информација у циљу обезбеђивања расположивости информација о заштити представља везу између основних елемената у моделу управљања заштитом.

Слагање са стандардима заснованим на животном циклусу заштите може се постићи само уколико постоји адекватно управљање информационим токовима о заштити. Ти информациони токови су основа да одговарајући излаз активности буде исправно прослеђен до друге активности. Без ових информационих токова систем за управљање заштитом постаје нестабилан и неконтролисан, што није у складу са моделом животног циклуса заштите заснованом на стандардима. Управљање је могуће само уколико постоје одговарајуће информационе петље, које прослеђују информације унапред или уназад, односно уколико се њима на одговарајући начин управља. То је могуће уколико постоји одговарајућа инфраструктура и размена информација на структуран начин у оквиру система управљања заштитом. Због тога комуникациони канали морају да буду алоцирани и верификовани са становишта ефикасности, ефикасности и комплетности.

Развојем информационе подршке побољшава се информисаност, идентификују потенцијалне препреке у онемогућавању информационих токова и омогућава алокација и уклањање тих недостатака.

Модел управљања нежељеним догађајима детаљније је приказан на слици 6.14. Прате се и анализирају индикатори заштите који се односе на понашање запослених, функционисање опреме, организационе активности, активности и утицаји окружења на

систем заштите и производно-организациони систем. Идентификују се неправилности, извештава о њиховој појави, а затим анализирају постојећи подаци о тој или сличној појави у постојећој бази о заштити.



Слика 6.14. Модел управљања нежељеним догађајима са генерисањем нових података, информација и знања, и иницирањем акција

На основу анализа генеришу се нови подаци и извештаји, који садрже и потенцијални одговор на новонасталу ситуацију, што се смешта у базу о заштити, и користи у процесу одлучивања о новим мерама или унапређењу постојеће заштитне опреме и уређаја. Ти подаци се користе за унапређење система заштите и иницирање управљачких акција.

#### 6.2.3.4. Подршка одлучивању и тимском раду

Ради ефикасног управљања подацима, информацијама и знањем у интегрисаном систему заштите, у циљу доношења исправних одлука које доводе до побољшања стања радне и животне средине, неопходна је ефикасна рачунарска подршка.

Независни софтверски системи, састављени од софтверских компоненти, могу бити од користи, али се због сложености проблема обично разматра само парцијално један домен.

Софтвер је неопипљива компонента рачунарског система, која обухвата програме и све остале оперативне информације неопходне за рад рачунара. Постоје различите поделе софтвера, зависно од намене, начина имплементације и примењене технологије.

Према намени, постоји софтвер опште намене и софтвер посебне намене. Софтвер опште намене веома често се примењује у заштити, посебно у домену креирања

докумената опште намене, стратегија, планова и у процесу извештавања. Проблем приликом коришћења је неприлагођеност потребама корисника у домену заштите, као што је непостојање одговарајућих шаблона, специјалних ознака и слично. Зато се креира софтвер посебне намене, предвиђен за одређени домен заштите.

Према начину коришћења, може се извршити следећа подела на:

- Десктоп апликације и алате прављене за рад у софтверу опште намене (различити шаблони, калкулатори и слично);
- Веб апликације за коришћење путем локалне мреже или Интернета;
- Интегрисане апликације, као комбинација десктоп и Веб решења;
- „Изнајмљене“ или апликације „у облаку“.

У циљу лакше и квалитетније реализације пројеката интергисаних система, примењују се интегрисани софтвери, као, на пример OPISysTM.Net, ISOsystemPlus и други (Stoiljković, Stoiljković, Stoiljković, 2008). Софтвери интегришу најважније методе и алате квалитета који омогућавају снимање карти процеса, дефинисање карактеристика критичних за квалитет система, различите аспекте и опасности, анализу неусаглашености и одређивање узрока, анализирање стабилности и способности процеса, праћење система, примену корективних и превентивних мера, и друге алате.

У (Krstić, 2010), развијен је прототип веб сајта за интегрисање система менаџмента технолошког система, у циљу формирања, чувања, коришћења и одржавање базе знања о оцени и управљању ризиком технолошких система, применом концепта Деминга и стандарда ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 и ISO 22000. Такође, у циљу бржег рангирања ризика, као помоћни алат, урађен је AUYA калкулатор, који на основу вероватноће појаве нежељеног догађаја и ефеката, одређује ниво ризика (Krstić, 2010).

„Изнајмљене“ или апликације „у облаку“ су називи за апликације које се извршавају на серверу или међусобно повезаним серверима, а чије се услуге пружају другим корисницима, уместо да се апликације налазе локално, на њиховим рачунарима. Ово подсећа на традиционални модел клијента и сервера, где корисници приступају серверу, користећи његове ресурсе у процесу извршавања задатака, уз разлику да постоји могућност истовременог приступања већем броју рачунара применом концепта виртуелизације. Најпознатије решење у области заштите је Medgate, чији су основни елементи намењени пословној интелигенцији, безбедности и здрављу на раду, индустријској хигијени, ергономији и утицају на животну средину. Medgate решење преваходно је намењено великим здравственим установама, али концепт

обједињавања података о заштити животне средине, безбедности, здрављу на раду, ергономији и индустријској хигијени, уз примену алата пословне интелигенције, омогућава значајно повећање ефикасности заштите у великим организацијама, којима је овакав систем превасходно намењен.

#### **6.2.3.4.1. Документовање интегрисаног система заштите**

Документовање интегрисаног система заштите неопходно је обавити за сваку фазу у животном циклусу заштите, односно на основу хијерархијског модела анализе појаве нежељених догађаја у систему заштите.

Најчешће се документовање обавља појединачно за сваку фазу, а процедурама координације омогућава трансфер неопходних података.

#### ***Модел докумената и активности интегрисаног система заштите***

Документи који се разматрају за сваку фазу животног циклуса интегрисаног система заштите, као и активности на које се ти документи односе, приказани су на слици 6.15. Документи се односе на политику заштите (дефинисање циљева и приврженост), планирање заштите (концепт интегрисаног система заштите, начин примене система, анализа ризика, анализа трошкова и разматрање друштвено одговорног пословања), имплементирање интегрисаног система заштите (анализа постојећег система и ефеката могуће интеграције, идентификовање улога у систему, реализовање техничке основе система, алоцирање захтева за заштитом, пројектовање и документовање, дефинисање кључних показатеља квалитета, идентификовање опасности, управљање ризиком), праћење и оцењивање имплементираних система (праћење стања у систему заштите, праћење вредности кључних индикатора), као и одржавање и унапређење система (праћење стања у систему заштите и повезивање са вредностима кључних индикатора).



Слика 6.15. Документи и активности дефинисане на основу животног циклуса интегрисаног система заштите



Слика 6.15. Документи и активности дефинисане на основу животног циклуса интегрисаног система заштите (наставак)

### **Модел вођења евиденција о безбедности и здрављу на раду**

Правилник о евиденцијама у области безбедности и здравља на раду дефинише начин вођења евиденција у области безбедности и здравља на раду које је дужан да води и чува послодавац. То подразумева вођење евиденције о радним местима са повећаним ризиком; запосленима распоређеним на радна места са повећаним ризиком и лекарским прегледима запослених распоређених на та радна места; повредама на раду, професионалним обољењима и болестима у вези са радом; запосленима оспособљеним за безбедан и здрав рад; опасним материјама које користи у току рада; извршеним испитивањима радне околине; извршеним прегледима и испитивањима опреме за рад и средстава и опреме за личну заштиту на раду; пријавама смртних, колективних и тешких повреда на раду, повреда на раду због којих запослени није способан за рад више од три узастопна радна дана, професионалних обољења односно обољења у вези са радом запосленог и опасних појава које би могле да угрозе безбедност и здравље запослених.

Послодавац је дужан да евиденције води на прописаним обрасцима. Списак образаца, као и њихов основни садржај приказан је у табели 6.32 (*Министарство за рад и социјалну политику, 2007*).

Табела 6.32. *Прописани обрасци за вођење евиденције у области безбедности и здравља на раду*

<b>Назив обрасца (број)</b>	<b>Садржај обрасца</b>
Евиденција о радним местима са повећаним ризиком (Образац 1)	- назив радног места са повећаним ризиком на основу акта о процени ризика и број запослених на том радном месту; - шифра опасности или штетности за радно место; - специфичности утврђених опасности и штетности, и радни поступци у којима се појављују.
Евиденција о запосленима распоређеним на радна места са повећаним ризиком и лекарским прегледима запослених на тим радним местима (Образац 2)	- име и презиме запосленог који ради на радном месту са повећаним ризиком, и назив радног места са повећаним ризиком; - интервал периодичних лекарских прегледа у месецима; - датуми извршених претходних и периодичних лекарских прегледа запосленог, и следећег лекарског прегледа; - број лекарског извештаја, и оцена здравствене способности; - предузете мере (распоређивање на друго радно место или додељивање других послова).



<b>Назив обрасца (број)</b>	<b>Садржај обрасца</b>
Евиденција о повредама на раду (Образац 3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- име и презиме повређеног;</li> <li>- тачно време настанка повреде на раду, радно место на коме се повреда догодила;</li> <li>- врста повреде (појединачна или колективна) и оцена тежине повреде (лака, тешка, смртна повреда на раду, повреда на раду због које запослени није способан за рад више од три узастопна радна дана);</li> <li>- извор повреде на раду (међународна шифра) и начин повређивања (међународна шифра).</li> </ul>
Евиденција о професионалним обољењима (Образац 4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- име и презиме оболелог од професионалног обољења;</li> <li>- назив радног места на коме је оболели од професионалног обољења радио када је утврђено професионално обољење;</li> <li>- дијагноза и међународна шифра професионалног обољења;</li> <li>- назив здравствене установе која је извршила преглед оболелог од професионалног обољења;</li> <li>- степен телесног оштећења;</li> <li>- преостала радна способност за даљи рад оболелог од професионалног обољења.</li> </ul>
Евиденција о болестима у вези са радом (Образац 5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- име и презиме оболелог;</li> <li>- назив радног места на коме је оболели радио када је утврђено обољење у вези са радом;</li> <li>дијагноза и међународна шифра обољења у вези са радом;</li> <li>- назив здравствене установе која је извршила преглед;</li> <li>- степен телесног оштећења и преостала радна способност оболелог за даљи рад.</li> </ul>
Евиденција о запосленима оспособљеним за безбедан и здрав рад (Образац 6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- име и презиме запосленог који је оспособљен за безбедан и здрав рад;</li> <li>- назив радног места, са описом послова;</li> <li>- разлог извршеног оспособљавања запосленог за безбедан и здрав рад;</li> <li>- датум теоријског и практичног оспособљавања за безбедан и здрав рад, као и практичне провере оспособљености за безбедан и здрав рад;</li> <li>- ризици са којима је запослени упознат приликом оспособљавања за безбедан и здрав рад, као и обавештења, упутства или инструкције са којима је запослени упознат ради обављања процеса рада на безбедан начин;</li> <li>- мере за безбедан и здрав рад на том радном месту.</li> </ul>

Назив обрасца (број)	Садржај обрасца
Евиденција о опасним материјама које се користе у току рада (Образац 7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- назив радног места на којем се користе опасне материје;</li> <li>- назив опасне материје која се користи у току рада на том радном месту;</li> <li>- хемијско име опасне материје;</li> <li>- ознака опасности – бројчана ознака опасне материје (УН, АДР или РИД број);</li> <li>- класа опасне материје;</li> <li>- начин употребе, односно коришћења у току рада;</li> <li>- дневна количина опасне материје која се користи на том радном месту.</li> </ul>
Евиденција о извршеним испитивањима радне околине (Образац 8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- испитивани параметри радне околине (хемијске, биолошке и физичке штетности - осим јонизујућих зрачења, микроклима и осветљеност);</li> <li>- број стручног налаза или извештаја;</li> <li>- датум испитивања и датум следећег испитивања.</li> </ul>
Евиденција о извршеним прегледима и испитивањима опреме за рад (Образац 9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- подаци о опреми за рад чији је преглед, односно испитивање извршено (врста, фабрички број, година производње, локација и намена);</li> <li>- број стручног налаза;</li> <li>- датум прегледа (испитивања) и датум следећег прегледа.</li> </ul>
Евиденција о извршеним прегледима и испитивањима средстава и опреме за личну заштиту на раду (Образац 10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- подаци о средству и опреми за личну заштиту на раду чији је преглед, односно испитивање извршено (врста, фабрички број, година производње, и др.);</li> <li>- датум прегледа (испитивања) и датум следећег прегледа;</li> <li>- потпис лица које је извршило преглед (испитивање).</li> </ul>
Евиденција о пријавама смртних, колективних и тешких повреда на раду, као и повреда на раду због којих запослени није способан за рад више од три узастопна радна дана (Образац 11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повреда на раду која је пријављена надлежној инспекцији рада и надлежном органу за унутрашње послове (редни број из Обрасца 3);</li> <li>- датум подношења пријаве;</li> <li>- начин подношења пријаве (усмено - писмено);</li> <li>- седиште месно надлежног органа коме је пријава поднета;</li> <li>- име и презиме лица у надлежном органу које је пријаву примило.</li> </ul>
Евиденција о пријавама професионалних обољења (Образац 12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- професионално обољење које је пријављено надлежној инспекцији рада (редни број из Обрасца 4);</li> <li>- датум подношења пријаве;</li> <li>- начин подношења пријаве (усмено - писмено);</li> <li>- седиште месно надлежног органа коме је пријава поднета;</li> <li>- име и презиме лица у надлежном органу које је пријаву примило.</li> </ul>

Назив обрасца (број)	Садржај обрасца
Евиденција о пријавама болести у вези са радом (Образац 13)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- болест у вези са радом која је пријављена надлежној инспекцији рада (редни број из Обрасца 5);</li> <li>- датум и начин подношења пријаве (усмено - писмено);</li> <li>- седиште месно надлежног органа коме је пријава поднета;</li> <li>- име и презиме лица у надлежном органу које је пријаву примило.</li> </ul>
Евиденција о пријавама опасних појава које би могле да угрозе безбедност и здравље запослених (Образац 14)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- опис опасне појаве која је пријављена надлежној инспекцији рада и надлежном органу за унутрашње послове;</li> <li>- датум и начин подношења пријаве (усмено - писмено);</li> <li>- седиште месно надлежног органа коме је пријава поднета;</li> <li>- име и презиме лица у надлежном органу које је пријаву примило.</li> </ul>

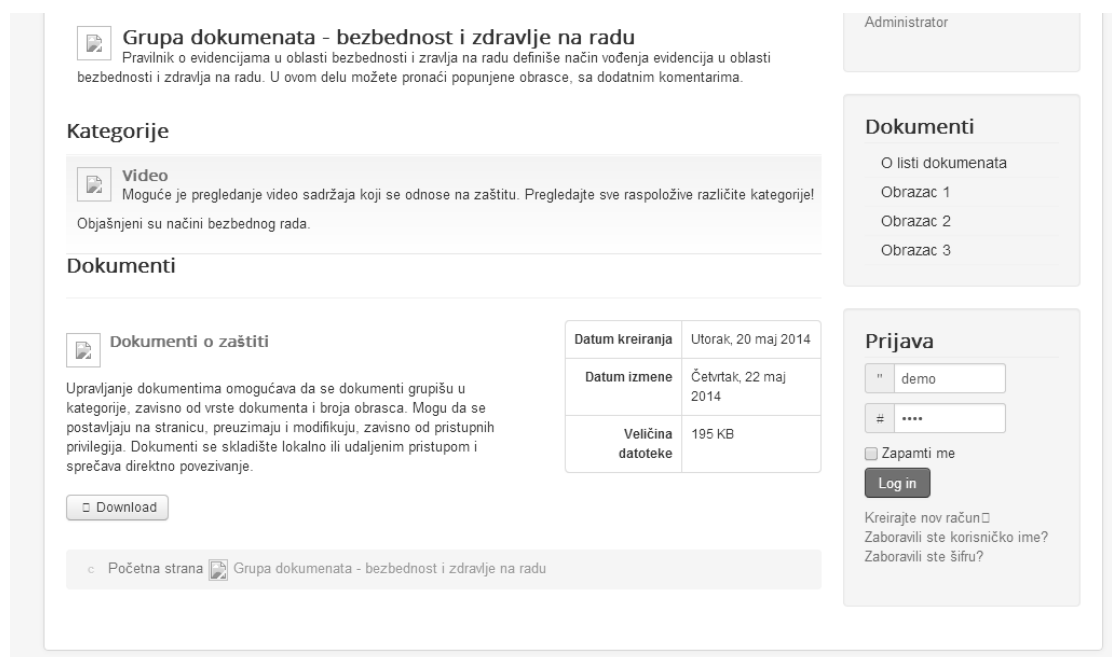
### ***SReport веб апликација***

Да би се омогућило ефикасно управљање подацима о безбедности и здрављу на раду, креиран је прототип SReport веб апликације. Омогућава појединцима и организацији једноставније сакупљање, филтрирање, обраду, генерисање и дистрибуирање података који се односе на заштиту. Примењен је MVC (енг. Model–view–controller, MVC) модел архитектурног шаблона за имплементирање апликације дељењем функционалности на три међусобно повезана дела, уз издвајање начина приказа (репрезентације) од информација које се приказују и начина управљања садржајем. Модел као централна компонента система састоји се од података апликације, правила, логике и функција. Постоји могућност дефинисања више различитих погледа, односно начина приказа истих података (таблично, графички). Контролер омогућава идентификовање и интерпретирање уноса корисника, односно превођење у команде за дефинисање модела или начина приказа. Модел дефинише следеће интеракције између компоненти. Контролер прихватањем уноса корисника дефинише команде на основу којих се мења стање апликације применом модела, као што је, рецимо, ажурирање документа или извештаја. Постоји могућност иницирања промене приказа од стране корисника, као што је померање садржаја документа. Променом стања апликације дефинисаног моделом, иницира се израчунавање неопходних података, а затим промена приказа и низ расположивих команди. Део система за приказ омогућава да се расположиви подаци презентирају кориснику на жељени или предвиђени начин.

Апликација је урађена у Joomla окружењу, уз примену DOCman додатка за управљање документима, тако да се може извршавати на сваком рачунару који садржи прегледач веба, укључујући и преносне уређаје (слика 6.16).

Омогућено је ауторизовано приступање садржају, прављење нових категорија или чланака за кориснике са специјалним категоријама, уз чување података о сваком појединачном документу (ко је аутор, када је креиран, када је последњи пут ажуриран и колика је величина датотеке).

Модел је изабран због универзалности и могућности примене на различите типове апликација, од независних до оних који за рад користе неки комуникациони медијум (мрежу).



Слика 6.16. Почетна страна SReport веб апликације

### **Индикатори ефикасности извештавања**

Анализа ефикасности извештавања у интегрисаном систему заштите заснована је на четири кључна фактора који су и до сада узимани у разматрање, а то су технички, људски, организациони и фактор окружења.

Технички фактор узима у разматрање техничке и технолошке предуслове за ефикасно извештавање. У свету наглих технолошких промена, веома је значајно праћење промена, како би могли да се надгледају технолошки процеси и стање радног окружења. Преносни уређаји са бежичним преносом или могућношћу повезивања на мобилне мреже могу да помогну извештавању са лица места. Значајни индикатори у

овој класи су: једноставност примене технологија за извештавање; расположивост и ефикасност примењене технолошке платформе или система; функционалност технологија примењених за имплементацију платформе; инфраструктурни трошкови система извештавања; учестаност примене система за извештавање о стању заштите; трошкови одржавања система за извештавање, као и ниво заштите информација у систему, у складу са захтеваном поузданошћу система; једноставност имплементације, коришћења, одржавања и развоја платформе.

Људски фактор описује утицај запослених и послодаваца на ефикасност извештавања о заштити. Неопходно је прецизно дефинисање одговорности запослених, дефинисање радних активности и активности извештавања, како би се укључили сви запослени у процес идентификовања потенцијалних проблема у систему, инцидената, избегнутих удесних догађаја, неодговарајућих услова у радном окружењу и технолошком систему, непримерених радних активности и процедура. Индикатори који могу описати утицај људског фактора на ефикасност извештавања су: усклађеност механизма и процедура извештавања о нежељеним догађајима и стању заштите са радним процедурама појединаца; могућност иновативног деловања у процесу извештавања и анализе догађаја; задовољство запослених својим доприносом у процесу извештавања; вештине комуницирања и извештавања запослених; техничке вештине запослених и знање о технологијама коришћеним у процесу извештавања или добијања релевантних информација о стању радне и животне средине; ниво тимског рада у процесу извештавања; део запослених који активно учествују у процесу извештавања, документовања или размене информација о стању у радној и животној средини; јасно дефинисање улога запослених (лидери, техничка подршка и слично); жеља запослених за сарадњом, дељењем знања и искустава приликом креирања извештаја.

Организациони фактор значајно утиче на имплементирање и одржавање ефикасног система извештавања у интегрисаним системима заштите. Стандардно се само директни индикатори анализирају, као и у случају разматрања ефикасности система заштите. Индиректни индикатори су се показали као веома значајни у процесу анализе ефикасности извештавања, као и начина на који се организационе процедуре прилагођавају новим циљевима. Неки од најзначајнијих индикатора организационог утицаја на ефикасност извештавања о заштити су: број часова обуке запослених за коришћење система за извештавање; претходно искуство запослених у извештавању и идентификовању нежељених догађаја; разлике у нивоу знања појединаца о коришћењу

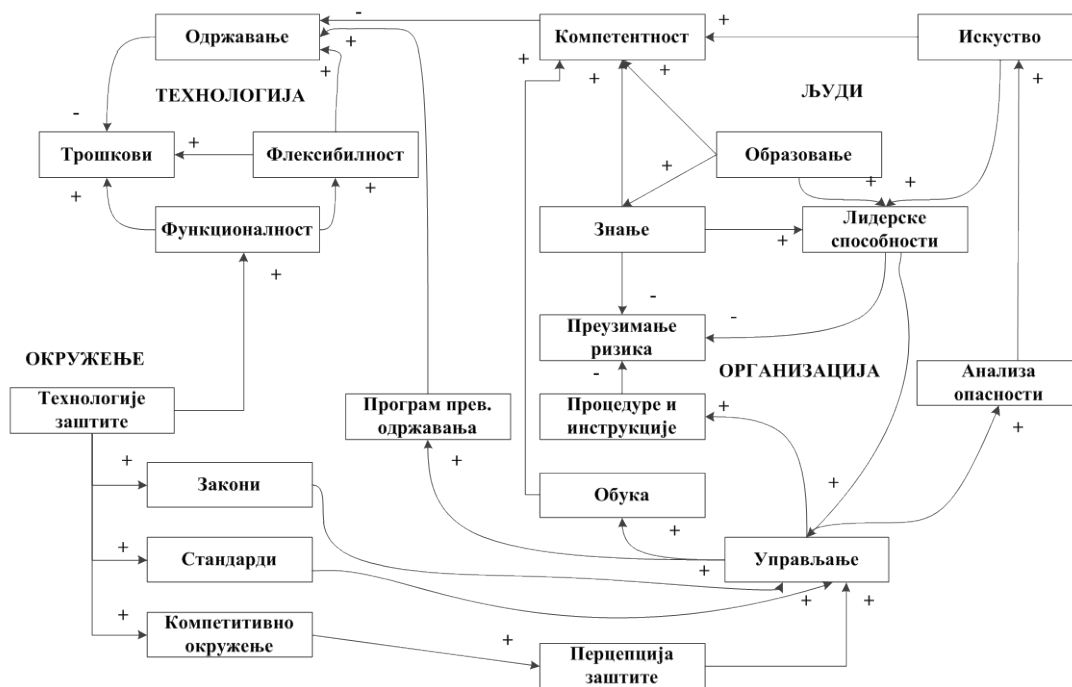
савремених технологија у процесу извештавања и документовања неправилности у радној и животној средини, односно у систему заштите; број докумената о заштити и примени система извештавања, о пословима са високим ризиком, изгубљеним радним данима; број састанака запослених посвећених извештавању о заштити; број помоћног особља (фацилитатора, иницијатора) активности извештавања; део запослених који је прошао обуку о извештавању о заштити; веза између механизма извештавања и постојећих радних и организационих процедура; награђивање запослених за активно учешће у процесу извештавања и побољшавања система заштите; ниво „умрежавања“ у организацији и између сродних или повезаних организација за потребе извештавања о заштити и размене информација о успешности система заштите.

Утицај окружења на ефикасност извештавања описан је фактором окружења или индикаторима окружења, а односи се на формално потврђивање система извештавања у заједници, постојање законских процедура о извештавању, ниво развоја технологија и апликација, постојање и примену стандарда и препорука за боље извештавање, број расположивих база података о удесним догађајима, као и развој стандарда квалитета и заштите.

#### **6.2.3.4.2. Модел утицаја у интегрисаном систему заштите**

Сложеност интегрисаног система заштите се најбоље може сагледати преко модела утицаја. Међусобни утицаји појединих делова система заштите приказани су на следећој слици. Окружење утиче на систем развојем технологија заштите, за чије потребе се дефинишу законске процедуре и стандарди примене. Компетитивно окружење прихвата технологије заштите и примењује их, што утиче на промену перцепције заштите, увођење нових процедура и механизма заштите.

Да би се имплементирале промене у систему заштите, неопходно је прихватање од стране руководећих органа, промена културе безбедности, иницирање нових обука и анализа опасности, као и посебних процедура рада и превентивног одржавања техничких система. Лидерске способности, засноване на претходном искуству и знању, помажу у управљању. Веће знање и јасне процедуре и инструкције утичу на мање преузимање ризика у критичним ситуацијама, како запослених, тако и оних који одлучују.



Слика 6.17. Модел утицаја у систему заштите заснован на системској динамици

Компетентност запослених, заснована на доброј организацији, позитивно утиче на смањење трошкова одржавања, који су нужно повећани услед увођења нових технологија заштите, повећане функционалности и флексибилности техничких система заштите.

#### 6.2.3.4.3. Софтвер за подршку тимском раду

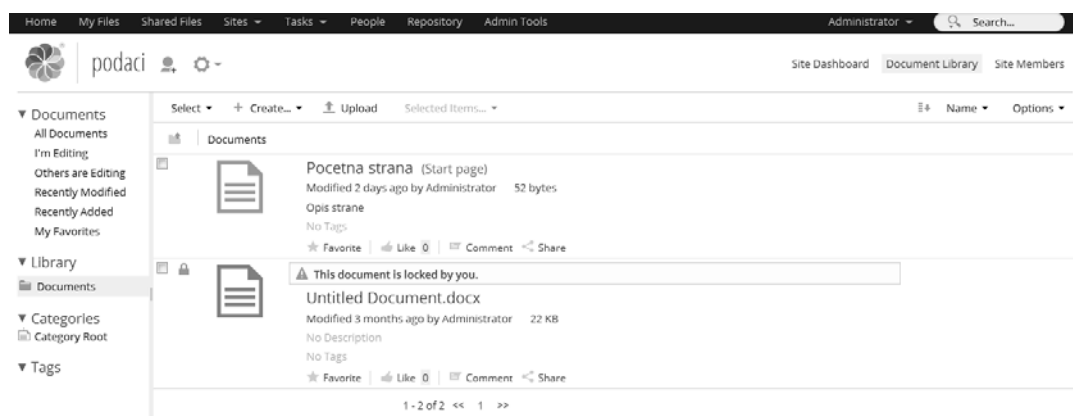
Тимски рад подразумева да појединци заједно раде у координацији, ради остваривања заједничког циља. Испуњавање циља је примаран разлог њиховог удруживања, а софтвер помаже поједностављивање рада тимова омогућавањем комуникације, интеракције и процеса решавања проблема. Могуће је имплементирање и функција додељивања задатака, праћење испуњавања временског плана и исхода заједничког рада, захтевање документовања и укључивања пројектних планова, временских ограничења и исхода појединачних активности.

За потребе комуникације и интеракције у интегрисаном систему заштите обично се примењује софтвер опште намене. Најчешће примењени софтвер за подршку тимском раду приказан је у табели 6.33.

Приликом разматрања употребивости и могућности примене софтвера опште намене за потребе заштите разматране су следеће карактеристике:

- постојање одговарајуће базе података и могућност повезивања са постојећим организационим базама посредством истог или компатибилног система за управљање базама података;
- могућност коришћења независног (десктоп) софтвера или Web варијанте;
- праћење временског извршења појединачних активности и постојање дневника или календара активности;
- могућност управљања токовима активности у интегрисаном систему заштите, временске и просторне зависности активности;
- документовање активности и исхода заштите у интегрисаном систему, уз могућност ауторизованог приступа;
- изражавање личних ставова о стању заштите и представљање имплицитног знања у форми дискусија и блогова;
- истраживање стања и ефикасности система заштите применом анонимних анкета и упитника, уз могућност оцењивања или рангирања алтернатива;
- могућност интеракције између појединачних корисника;
- ефикасно претраживање база података, модела и знања о заштити применом посебних алата.

На основу разматрања алата приказаних у табели 6.33. као најпотпунија решења за примену у систему заштите идентификовани су Alfresco и LogicalDOC. Изглед библиотеке докумената у Alfresco систему приказан је на слици 6.18. Основни недостатак оваквих решења је неопходност прилагођавања потребама крајњих корисника, превасходно на нивоу корисничког интерфејса (изгледа и локализације).



Слика 6.18. Библиотека докумената у Alfresco систему



Табела 6.33. Софтвер за подршку тимском раду са поређењем јединствених функција креирања садржаја и интеракције

Аутор	База података	Независан / Web	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Alfresco	Alfresco Software	MySQL, Postgres, SQL-Lite	Да / Да	○	○	●	●	●	○	○	●	●	●	●
Altova MetaTeam	Altova GmbH	Cloud	Не / Да	○	●	-	○	●	●	○	●	○	●	○
Assembla	Assembla	Фajл систем	Да / Да	-	○	-	○	-	-	●	●	○	●	○
Collaborate	HighQ	MySQL	Не / Да	○	○	-	○	-	-	●	●	○	●	○
Comindware Project	Comindware Project	MySQL	Да / Да	-	●	-	●	-	-	●	●	●	●	●
Confluence	Atlassian	Фajл систем MySQL, Postgres, SQL-Lite	Не / Да	○	●	-	○	●	●	○	●	○	●	○
Drupal	Drupal	MySQL, Postgres, SQL-Lite	Да / Не	●	●	○	●	●	●	○	●	○	●	○
Eclipse (suite)	Sapienza Cons. Ltd.	Oracle	Да / Не	●	○	○	●	-	-	-	-	○	○	●
EMC eRoom	EMC	Фajл систем	Да / Не	-	●	-	●	-	-	●	●	●	●	●
eXo Platform	eXo Platform	MySQL	Да / Да	●	●	●	●	●	●	-	-	●	●	●
Google Drive	Google	Cloud	Не / Да	●	●	-	○	●	●	-	●	●	●	●
IBM Connections	IBM	IBM DB2	Да / Да	○	●	-	○	●	●	○	●	○	●	●
Microsoft Live	Microsoft	Cloud	Не / Да	-	●	●	○	-	-	-	-	-	-	○

	Аутор	База података	Независан / Web	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nefsis	Nefsis	Cloud	Да / Да	○	●	-	○	●	●	○	●	○	●	○
Kolab	The Kolab-Project	IMAP	Да / Да	○	●	○	○	●	●	○	●	○	●	○
LogicalDOC	Logical Objects	MySQL	Да / Да	○	○	○	●	●	●	○	●	○	●	●
Mindview	MatchWare	MS Access	Да / Не	●	●	●	●	-	-	●	●	-	-	-
Tiki Wiki CMS Groupw.	Tiki Association	MySQL	Да / Не	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●
TrackerSuite	Automation Centre	SQL Server	Да / Да	○	○	●	●	●	●	○	●	○	●	●
Traction TeamPage	Traction TeamPage	NoSQL, MySQL	Да / Да	●	●	○	●	●	-	●	●	●	●	●
Trello	Trello Inc.	Mongo DB	Не / Да	-	○	●	-	-	●	●	-	●	●	-
Xaitporter	Xait	Oracle	Не / Да	-	○	●	●	-	-	●	●	●	●	-
Wrike	Wrike	Postgre SQL	Не / Да	-	●	●	●	-	-	●	●	●	●	-

Легенда: 1 - Календар; 2 – Управљање токовима; 3 – Управање документима; 4 – Дискусије; 5 – Блогови; 6 – Анкете; 7 – Праћење временског извршења активности; 8 – Графичко представљање података; 9 – Таговање, рангирање и коментари; 10 – Алати за интеракцију; 11 – Напредно претраживање података

● Да      ○ Делимично имплементирано      - Не

#### 6.2.3.4.4. Систем за подршку одлучивању у заштити

Системи за подршку одлучивању имају задатак да помогну у процесу доношења одлука, а не да их доносе уместо особа које су за то задужене. Зато је неопходно да понуде одговарајући оптималан ток на основу расположивих података применом модела за анализу и оцену ризика. Пресудан утицај на квалитет резултата има свеобухватно сагледавање разматране појаве. У случају оцене професионалног ризика неопходно је имати податке о релевантним ризицима који се јављају, њиховој учестаности, међусобном утицају и последицама које могу изазвати својом појавом. У овом делу разматра се структура система за подршку одлучивању превасходно у контексту могуће примене у интегрисаном систему заштите у контексту разматрања професионалног ризика, али се исти поступак анализе може примењивати и приликом разматрања осталих ризика (еколошки ризик и слично).

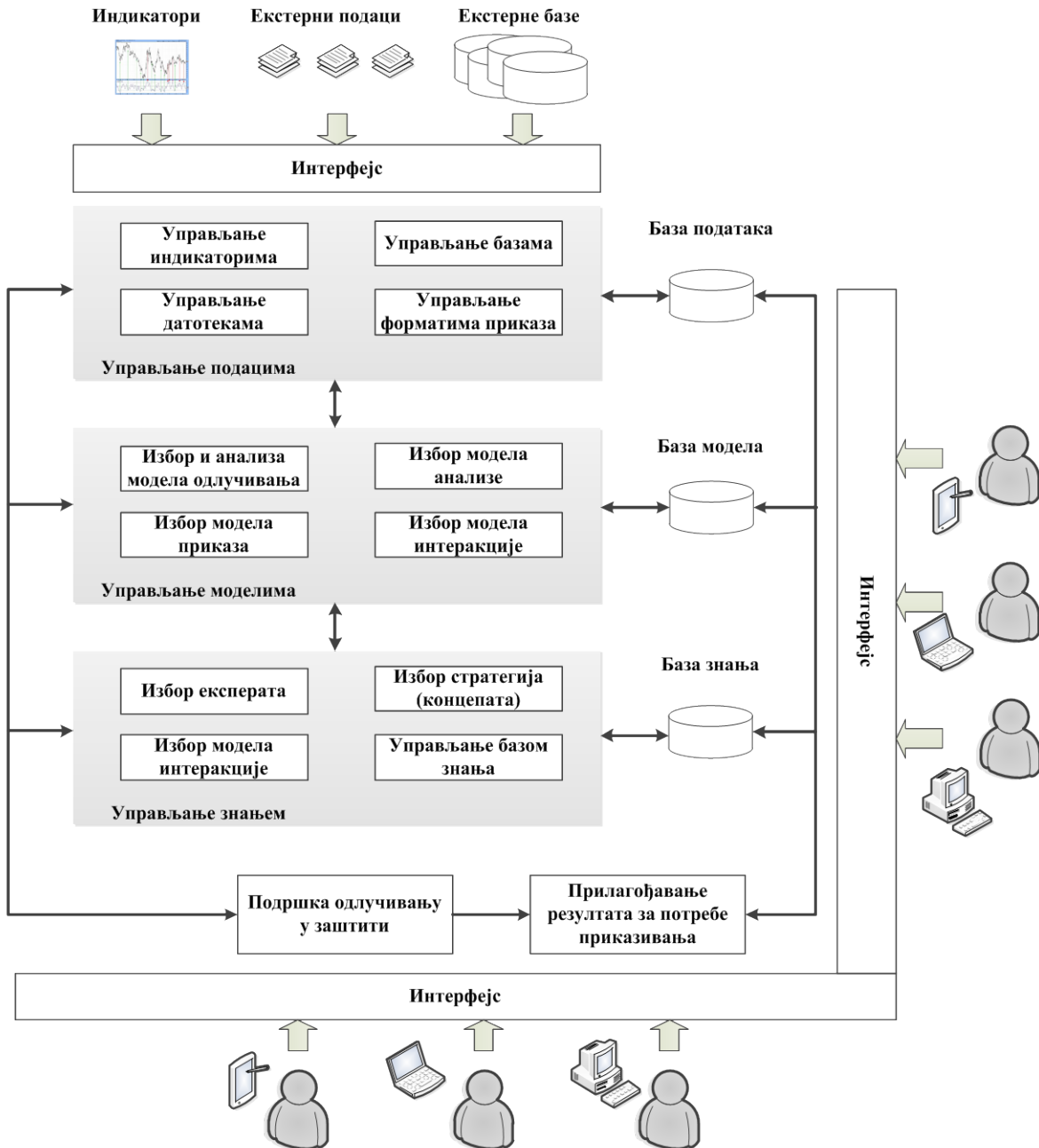
Концепт система за подршку одлучивању заснован је на неколико претпоставки о улози рачунара у ефикасном процесу одлучивања (*Keen, 1976*), и то:

- Рачунари морају да помажу доносиоцу одлуке, а не да га замењују. Његов задатак није ни да обезбеди одговоре, нити да изводи претходно дефинисане секвенце анализе.
- Главна предност коришћења рачунарске подршке је код решавања семиструктурних проблема, где делови анализе могу да се систематизују за потребе обраде на рачунару, али где су корисничко искуство и процена неопходни да би се управљало процесом.
- Ефикасно решавање проблема је интерактивно и обогаћено дијалогом између корисника и система. Корисник описује проблем употребом аналитичких и информационих способности система, као и на основу људског искуства и запажања.

То су рачунарски засновани информациони системи који помажу особама да доносе кључне одлуке, чиме се побољшава ефикасност процеса решавања проблема од стране извршилаца. Због потребе за анализом типа “узрок-последика”, реализују се као интерактивни системи, односно мрежно доступни интерактивни системи, где се корисник

полагано уводи у процес одлучивања корак по корак, на начин како то дефинише кориснички интерфејс система.

Минимална конфигурација система за подршку одлучивању приказана је на слици 6.19.



Слика 6.19. Модел система за подршку одлучивању у заштити

Систем за подршку одлучивању састављен је од компоненти за управљање дијалозима, подацима, моделима и знањем. Да би функционисао, неопходно је да се користе подаци из окружења, као и одговарајуће базе података, модела и знања.

Овако дефинисани системи испуњавају своју улогу уколико обезбеђују бољу продуктивност особа у процесу одлучивања и повећава њихову способност. Они пружају адаптиван и еволутиван процес који има циљ да помогне у бољем разумевању и анализи процеса доношења неструктурираних и полуструктурираних одлука.

Комуникација са окружењем остварује се помоћу интерфејса. Предвиђена су два типа интерфејса: „машина-машина“ и „човек-машина“. Први тип интерфејса омогућава приступање постојећим организационим и јавно доступним базама, које се користе за читавање неопходних података, а све се то реализује помоћу интерфејса за комуникацију између рачунара („машина-машина“ интерфејс), уз примену алата за прилагођавање садржаја потребама крајњих корисника и/или додатне обраде (конвертери и слично). Други тип интерфејса омогућава корисницима да директно приступају систему („човек-машина“ интерфејс), и користе расположиве функције. Омогућава се приступање са различитих типова уређаја (мобилних уређаја, лаптоп или десктоп рачунара), те се у развоју корисничког интерфејса примењује респонзивни дизајн, где се исти садржај прилагођава потребама приказивања на различитим уређајима које карактеришу другачија величина екрана, резолуција и функционалност (на пример, поседовање екрана осетљивог на додир).

Предложени систем за подршку одлучивању у заштити омогућава управљање подацима, моделима и знањем. Модул за управљање подацима омогућава ефикасну интеграцију података из различитих извора приступањем спољашњим подацима помоћу интерфејса, затим управљање датотекама, форматима приказа података и индикаторима. На основу тога, прати се стање селектованих индикатора, а постоји могућност приступања подацима који се налазе у текстуалним датотекама или радним табелама. Приликом рада са датотекама, омогућене су основне операције: креирање, преименовање и промена локације. Формати приказа података омогућавају дефинисање одређене семантике за податке, било применом XML спецификације или на други унапред договорени начин. База података садржи основне податке који се односе на систем заштите, његов техничко-

технолошки (уређаји, машине, технички системи заштите и друго) и социјални аспект (запослени, заинтересован стране, подаци о организацији система заштите о друго).

База података састоји се од низа података прикупљених надгледањем постојећег система током текућег или претходног периода његовог рада, док база модела садржи скуп модела који се примењују у процесу одлучивања. Систем за управљање базом података омогућава реализације претраживања и ажурирања садржаја базе података одржавајући њихову конзистентност. Да би се обезбедио интерактивни рад и вођење корисника по принципу “корак-по-корак” неопходан је подсистем дијалога.

Модул за управљање моделима омогућава избор и анализу модела одлучивања са становишта ефикасности, избор модела приказа, избор модела анализе удесних догађаја или неправилности у систему заштите, односно избор модела интеракције између корисника у систему. База модела садржи основне податке о моделима, који су довољни за одлучивање и избор. Она садржи описе расположивих модела интеракције (моделе процеса тимског рада, заједничке спознаје, интеракције и интерактивног тимског рада), моделе анализе система заштите (моделе управљања заштитом, активностима, активностима животног циклуса заштите; моделе организационих акцидената; моделе за описивање комплексних система, хијерархијске и хибридне моделе), моделе одлучивања (једнокритеријумске и вишекритеријумске моделе, моделе групног одлучивања и селектовања кључних индикатора перформанси), као и моделе приказа (респонзивни дизајн, уз прилагођавање корисничког интерфејса уређају на коме се приказује садржај).

Кључне особине подсистема модела у систему за подршку одлучивању су брзо и једноставно креирање нових модела, способност приступа и интеграције блокова модела, креирање каталога модела и одржавање истог за потребе већег броја корисника, повезивање различитих модела са подацима присутним унутар базе података, и управљање базом модела на ефикасан начин.

Модул за управљање знањем у моделу система за подршку одлучивању у заштити садржи алате за избор експерата, избор стратегија или концепата заштите, избор оптималног модела интеракције између експерата, а омогућени су и алати за управљање базом знања. Избор модела интеракције присутан је у модулу за управљање моделима и модулу за управљање знањем јер се на основу модела интерактивног тимског рада разматра

интеракција на концептуалном нивоу (описана моделом) и у контексту управљања знањем о заштити на оперативном нивоу. База знања садржи сложене структурне и неструктурне информације, представљајући централни репозиторијум који служи као основа за закључивање и одлучивање у систему заштите. Компонента за управљање знањем обезбеђује управљање, чување и прослеђивање знања до других система за подршку одлучивању и информационих система у окружењу. То обезбеђује дељење знања, организационо учење и интелигенцију. Компонента за управљање подацима обезбеђује везу са базом која садржи податке релевантне за процес одлучивања, док компонента за управљање моделима обезбеђује примену модела анализе.

Компонента за подршку одлучивању у заштити омогућава да се на основу расположивих података, информација и знања, применом модела избора експерата, модела анализе, одлучивања и интеракције, на ефикасан начин предложи решење и проследи заинтересованим странама у систему заштите. Ти резултати се прилагођавају потребама приказивања на различитим уређајима посебним модулом, који приказује садржај на корисничком интерфејсу за комуникацију са системом.

## **7. ЗАКЉУЧАК**



## 7. ЗАКЉУЧАК

Анализом комплексних система у индустријама са честим појавама удесних догађаја или са потенцијалном могућношћу појаве удесних догађаја изузетно великих размера и са несагледивим последицама по окружење (рибарство, грађевинска индустрија, путарство, авио саобраћај, хемијска и петрохемијска постројења, нуклеарне електране, енергетска и термоенергетска постројења, рударство са површном и подземном експлоатацијом и слично) закључено је да поузданост оператора или запосленог, као и техничко-технолошког система није довољна да би се у потпуности идентификовао узрок нежељених догађаја, спречило појављивање тих догађаја или умањиле негативне последице на запослене, радну и животну средину. Стога је неопходно да се посебна пажња посвети безбедности система. Осигурање безбедности система остварује се редуковањем ризика на прихватљив ниво, што се постиже одговарајућим системом заштите.

Систем заштите мора се третирати као комплексан, друштвено-технички систем, који је у динамичкој интеракцији са окружењем. Интегрисани систем заштите подразумева да се заштита не третира као посебна целина, већ у контексту свих организационих процеса. Тако се спречава непотребно дуплирање документације и активности, као и неусаглашеност. Истовремено, повећава се ефикасност процеса заштите, а одговорност сваког појединца да омогући себи и другима безбедно радно окружење омогућава континуално побољшање система заштите, уз јачање перформанси друштвено одговорног понашања.

Описивање система заштите помоћу животног циклуса и стандардизација омогућавају додатно побољшање система. Предложени животно циклус интегрисаног система заштите обухвата експлицитно утицај организације и окружења, што заједно са техничко-технолошким и људским фактором представља основу за развој модела описивања интегрисаног система заштите. Одрживост промене обезбеђена је континуалним побољшањем интегрисаног система заштите, иницирањем промена у систему на основу идентификованих недостатака или неправилности, чиме је потврђена прва посебна хипотеза истраживања.

Да би се описао интегрисани систем заштите, мора се поћи од претпоставке да је то комплексан систем који има технички, организациони и друштвено-економски аспект и егзистира у променљивом окружењу. Модели за описивање појединачних аспеката не могу ефикасно да опишу овакав систем, јер је неопходно поједностављивање веза

елемената система, уз опасност потенцијалног изостављања неких од значајних карактеристика система.

У докторској дисертацији разматрани су различити модели анализе комплексних система и модели организационих акцидента, како би се омогућило идентификовање најбољих начина за описивање система заштите. Процеси заштите су разматрани независно и као део животног циклуса заштите, а системски приступ и оцењивање перформанси заштите описаних индикаторима, идентификовани су као ефикасан начин за анализирање интегрисаних система. Због мултидисциплинарне природе система заштите, комбиновање различитих метода и техника се показало као добро решење за анализу сложених зависности. Комбиновањем метода и техника за анализу ризика техничких система, организационог понашања и динамичке интеракције креирани су хибридни модели, као флексибилан алат за управљање ризицима комплексних система, односно за управљање интегрисаним системом заштите. Тиме је потврђена друга посебна хипотеза истраживања.

Методолошки приступ заснован на анализи индикатора којима се описује стање система заштите подједнако је применљив на све индустријске и услужне делатности. Анализа индикатора и њихова квантификација има потенцијал за смањење појава нежељених догађаја, побољшање безбедности и здравља на раду, подизање нивоа квалитета радне и животне средине. Међутим, истраживање је показало да проблематика анализе индикатора заштите, у циљу спречавања нежељених догађаја, нема одговарајућу примену. Обично се све своди на анализу техничке исправности система који се надгледа и система заштите, као и безбедног понашања оператора (запосленог).

Да би се на адекватан начин извршила анализа сложеног система, неопходно је класификовати индикаторе. Проблем класификације индикатора, различитих типова и временског односа са удесним догађајем (пре или након његове појаве), условила је велику дебату у најеминентнијим светским научним часописима. На основу тога се може закључити да ниједна подела није свеобухватна и апсолутно тачна, јер увек постоји могућност да нешто у контексту технологије, људи, организације или окружења није узето у разматрање. Зато је посебно значајно разумевање вишеструке природе удесних догађаја и утицаја различитих фактора на ниво ризика у систему, као и могућност додавања неопходних индикатора.

Исправна дефиниција кључних индикатора заштите, њихово рангирање применом савремених метода рангирања, односно непрекидно надгледање и побољшање вредности најзначајнијих индикатора помаже повећању квалитета система за управљање заштитом и, на основу тога, конкурентности компаније.

Недостаци у систему заштите могу се јавити на различитим нивоима, било управљачким или оперативним, а могу бити изазвани и спољашњим факторима (услед непотпуности или неодређености стандарда, слободе њиховог прихватања, недостатака финансијских средстава за имплементирање ефикаснијег система заштите). Зато се тимски рад у овом мултидисциплинарном и интердисциплинарном окружењу сматра обавезним, поготово у већим организацијама. Мање организације треба да се удружују у заједнице праксе, у којима размењивањем искустава могу да постигну ефекте размене знања еквивалентне онима које се јављају у великим организацијама. Да би такви системи били ефикасни, неопходна је примена информационих технологија. За анализу система заштите неопходни су подаци, ефикасна обрада података и подршка одлучивању у случају непотпуних информација. Идеалан извор су претходни удесни догађаји, уз детаљан опис узрока. Такви подаци су ретко доступни, било због поверљивости информација, или због неадекватног поступка прикупљања, складиштења и чувања информација.

Рачунарска подршка омогућава повећање ефикасности интегрисаног система заштите, путем једноставније размене и дељења знања и претходних искустава која се односе на заштиту, једноставнијег извештавања, претраживања претходно прикупљеног садржаја и омогућавања документованог управљања ризицима. Тако се постиже оптимално управљање интегрисаним системом заштите, што представља потврду треће посебне хипотезе.

Потврђене све три посебне хипотезе указују на потврду опште хипотезе истраживања, према којој, приликом изградње и анализе ефикасности интегрисаног система заштите треба применити системски приступ, а при управљању интегрисаним системом заштите треба користити хибридни модел подржан интерактивним тимским радом.

На основу резултата истраживања, може се закључити да методи засновани на експертним оценама и вишекритеријумској анализи, при разматрању индикатора активности и индикатора последица (исхода), могу да се практично примењују за идентификовање кључних фактора и индикатора перформанси заштите и за

одређивање њихове значајности, а самим тим и као основа за анализу квалитета интегрисаног система заштите у различитим организацијама.

На основу анализе заштите у путарским предузећима у Србији, може се закључити да индикатори исхода нису међу најбоље ранжираним индикаторима. Усмеравање активности ка континуалном надгледању и оптимизовању вредности индикатора активности доводи до смањења вредности индикатора исхода, што представља основни циљ управљања безбедношћу и здрављем на раду. На основу резултата ове студије случаја, редуковање акцидентата и повреда у путарским предузећима може да се постигне повећањем нивоа ефикасности управљања ресурсима, броја провера заштите на радним местима, нивоа технологија заштите, праћењем радних процедура, односно смањењем броја послова са повећаним ризиком.

Да би поступак рангирања индикатора имао ефекта на побољшање система заштите, неопходно је да се разматра у ширем контексту константног унапређења система заштите и организационог учења о заштити. Предложени модели интерактивног тимског рада и система за подршку одлучивању у заштити омогућавају ефикасно коришћење кључних индикатора перформанси заштите за формирање база података и знања о заштити, промену модела и концепата заштите, што доводи до квалитетнијег управљања интегрисаним системом заштите, повећања његове ефикасности и ефикасности, а тиме до унапређења пословних процеса и конкурентне предности.

Резултати истраживања у оквиру докторске дисертације отварају могућност даљих истраживања, пре свега у области квантификовања утицаја система заштите на пословне перформансе организације. Такође, резултати представљају основ за креирање веб сервиса за акумулацију, чување, коришћење и одржавање базе знања о процени ризика, као и за подршку тимском одлучивању при управљању интегрисаним системом заштите.

## **8. ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Ababutain, A.Y., (2002): *A multi-criteria decision-making model for selection for bot toll road proposals within the public sector*, PhD dissertation, University of Pittsburgh.
- [2] ABB, (2011), *Safety and functional safety - A general guide*.
- [3] Ale, B., (2009), More thinking about process safety indicators, *Safety Science*, vol. 47, pp. 470–471.
- [4] Allford, L., (2009), Process safety indicators: response to Andrew Hopkins, *Safety Science*, vol. 47, pp. 466.
- [5] Alonso, J.A., Lamata, M.T., (2006), Consistency in the analytic hierarchy process: A new approach, *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, vol. 14, no. 4, pp. 445-459.
- [6] Aminbakhsh, S., Gunduz, M., Sonmez, R., (2013), Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects, *Journal of Safety Research*, vol. 46, pp. 99-105.
- [7] Anđelković B., (1990), *Kompleksna ocena u tehnološkim sistemima kao osnova za projektovanje optimalne zaštite radne sredine*, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš.
- [8] Annett, J., Cunningham, D., (2000), "Analysing Command Team Skills", In: *Cognitive Task Analysis*, Shraagen J. M., Chipman S. F., Shalin V. L. Eds. LEA.
- [9] ANSI/ISA Standard S84.01-1996, (1996), *Application of Safety Instrumented Systems to the Process Industries*, International Society for Measurement & Control, Research Triangle Park, NC.
- [10] ANSI/ISA-84.00.01-2004, (2004), *Functional safety: Safety instrumented systems for the process industry sector*, International Society for Measurement & Control, Research Triangle Park, NC.
- [11] Arias, E. G., Eden, H., Fischer, G., Gorman, A., Scharff, E., (2002), „Transcending the Individual Human Mind: Creating Shared Understanding through Collaborative Design“, In: *Human-Computer Interaction in the New Millennium*, Carroll J. M. (Ed.), Addison Wesley.
- [12] Ashby, W.R., (1956), *An introduction to cybernetics*, London: Chapman and Hall.
- [13] Bacon, P. J., Cain, J.D., Howard, D.C., (2002), Belief network models of land manager decisions and land use change, *Journal of Environmental Management*, 65 (1), pp 1-23.
- [14] Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J., Sorenson, K. (2002), *Guidebook to Decision-Making Methods*, WSRC-IM-2002-00002, Department of Energy, USA.

- [15] Baker, J.A., Leveson, N., Bowman, F.L., Priest, S., Erwin, G., Rosenthal, I., Gorton, S., Tebo, P.V., Hendershot, D., Wiegmann, D.A., Wilson, L.D., (2007), *The Report of the BP US Refineries Independent Safety Review Panel*.
- [16] Baranowsky, P.W., Mays, S.E., Wolf, T.R., (1999), "Development of risk-based performance indicators", In: *Proceedings of the Probabilistic Safety Assessment International Topical Meeting*, American Nuclear Society, Washington, DC, USA, pp. 414–421.
- [17] Bardram, J.E. (2000), Temporal Coordination: On Time and Coordination of Collaborative Activities at a Surgical Department, *Journal of Computer Supported Cooperative Work*, vol. 9, pp. 157-187.
- [18] Bardram, J.E., (1998), "Designing for the Dynamics of Cooperative Work Activities", In Proceedings of The 1998 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, Seattle, Washington, USA, ACM Press.
- [19] Beer, S., (1989), "The variable system model: its provenance, development, methodology and pathology", In: Espejo, R., Harden, R., (eds), *The variable system model*, Wiley, London.
- [20] Belles, R.J, Cletcher, J.W., Copinger, D.A., Dolan, B.W., Minarick, J.W., Muhlheim, M.D., (1998), *Precursor to Potential Severe Core Damage Accidents*, NUREG/CR-4674, ORNL/NOAC-232, vols. 1–26, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [21] Bergh, V.D., (2003), "Leading and trailing indicators: occupational safety", ISSA/Chamber of Mines Conference 2003—Mines and Quarries Prevention of Occupational Injury and Disease, Sandton Convention Center, Sandton, South Africa.
- [22] Bergstrom, J., (2009), *Safety instrumented systems and safety life cycle*, Process Engineering Associates, LLC, Web (приступано 18.03.2014): [www.ProcessEngr.com](http://www.ProcessEngr.com)
- [23] Bernardo, M., Casadesus, M., Karapetrovic, S., Heras I., (2012), „Do integration difficulties influence management systems integration levels?", *Journal of cleaner production*, no. 21, pp. 23-33.
- [24] Bertalanffy, L., (1969), *General systems theory: foundations*, New York: Braziller.
- [25] Bier, V.M., Yi, W., (1995), The performance of precursor-based estimators for rare event frequencies, *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 50, pp. 241–251.
- [26] Biggs, H.C., Dingsdag, D.P., Kirk, P.J., Cipolla, D., (2009), "Safety culture research, lead indicators, and the development of safety effectiveness indicators in the

- construction sector”, In: *Proceedings of the 5th International Conference on Knowledge Technology and Society*, Hunstville, AL, USA.
- [27] Blackman, H.S., Gertman, D.I., Hallbert, B.P., Schurman, D.L., Thompson, C., (1998), „Integrating safety culture. In: *Probabilistic Safety Assessment and Management“*, Proceedings from PSAM 4, Springer, New York City, USA.
- [28] Blanchard B.S., (2012), *System Engineering Management*, John Wiley & Sons.
- [29] Blickensderfer E., Cannon-Bowers J.A., Salas E., Baker D.P., (2000), ”Analysing Knowledge Requirements”, In *Team Tasks In Cognitive Task Analysis*, Shraagen J.M., Chipman S.F., Shalin V.L., Eds., LEA.
- [30] Boccio, J.L., Vesely, W.E., Azarm, M.A., Carbonaro, J.F., Usher, J.L., Oden, N., (1989), *Validation of Risk-Based Performance Indicators: Safety System Function Trends*, NUREG/CR-5323, BNL-NUREG-52186. US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [31] Bots, P.W.G., De Bruijn, H., (2002), ”Effective knowledge management in professional organizations: Going by the rules”, In: *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences*.
- [32] Bozbura, F., Beskese, A., Kahraman, C., (2007), Prioritization of human capital measurement indicators using fuzzy AHP, *Expert Systems with Applications*, vol. 32, pp. 1100-1112.
- [33] Brombacher, A.C., (1999), ”The Reliability Challenge”, Presentation handouts, Conference Regent’s Park London.
- [34] Brombacher, A.C., (2000), Designing reliable products in a cost and time driven market: a conflict or a challenge, Inauguration speech, Eindhoven University of Technology.
- [35] Bromley, J., Jackson, N.A., Clymer, O.J., Giacomello, A.M., Jensen F.V., (2004), *The use of Hugin to develop Bayesian networks as an aid to integrated water resource planning: A report on the MERIT (Management of the Environment and Resources using Integrated Techniques) EU Framework V funded project*, Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford.
- [36] BS PAS 99:2012, (2012), *Specification of common management system requirements as a framework for integration*, Publicly Available Specification.
- [37] BSI, (1996), *BS 8800: 1996 Guide to occupational health and safety management systems*, BSI Sales and Customer Services, London.



- [38] Buckley, J.J., (1985), Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 17, no. 3, pp. 233-247.
- [39] Bunn, W.B., Pikelny D.B., Slavin T.J., Paralkar S., (2001), Health, safety, and productivity in a manufacturing environment, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, vol. 43, no.1, pp. 47-55.
- [40] Buzon, L., Bouras, A., Ouzrout, Y., (2004), "Knowledge exchange in a supply chain context", In: *Virtual enterprises and collaborative networks*, (ed. Camarnha-Motos L.M.), Kluwer academic publishers, pp. 145-152.
- [41] Buzon, L., Bouras, A., Ouzrout, Y., (2004), *Knowledge Exchange in a supply chain context*, IFIP 18th World Computer Congress, TC5/WG5.5 – 5th Working Conference on Virtual Enterprises.
- [42] Cain, J. D., Jinapala, K., Makin, I.W., Somaratna, P.G., Ariyaratna, B.R., Perera, L.R., (2003), Participatory decision support for agricultural management, A case study from Sri Lanka, *Agricultural Systems*, vol. 76, no.2, pp. 457-482.
- [43] Callon, M., (1986), "The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle", In Callon, M., Law, J., and Rip, A. (Eds.), *Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World*, Macmillian, London, pp. 19-34.
- [44] Cambridge D., Kaplan S., Suter W., (2010), *Community of practice design guide – A step-by-step guide for designing and cultivating communities of practice in higher education*, Web (приступано 08.03.2014): <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/NLI0531.pdf>
- [45] Caputo, A.C., Pelagagge, P.M., Salini, P., (2013), AHP-based methodology for selecting safety devices of industrial machinery, *Safety Science*, vol. 53, pp. 202-218.
- [46] Center for Chemical Process Safety (CCPS), (1989), *Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety*, New York: American Institute of Chemical Engineers.
- [47] Цхадая, Н.Д., Подосенова, Н.С., (2008), *Управление безопасностью труда*, ЦентрЛитНефтеГаз, Москва.
- [48] Chan, A., Kwok, W.Y., Duffy, V.G., (2004), Using AHP for determining priority in a safety management system, *Industrial Management & Data Systems*, vol. 104, pp. 440-445.
- [49] Chang, D.Y., (1996), Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, vol. 95, pp. 649–655.

- [50] Chang, Y.-H., Yeh, C.-H., Chang, Y.-W., (2013), A new method selection approach for fuzzy group multicriteria decision making, *Applied Soft Computing*, vol. 13, no. 4, pp. 2179-2187.
- [51] Checkland, P., (1999), *Systems thinking, systems practice*, John Wiley and Sons, Chichester UK..
- [52] Clark, H.H., Brennan, S.A. (1991), "Grounding in communication", In *Perspectives on socially shared cognition* (eds. Resnick, L.B., Levine, J.M. & Teasley, S.D.), Washington: APA Books.
- [53] Cohen, A., (1977), Factors of successful occupational safety, *Journal of Safety Research*, vol. 9, pp. 168–178.
- [54] CSB, (2007), *US Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2005, Investigation Report, Refinery Explosion and Fire*. BP Texas City, Texas, Report No. 2005-04-ITX.
- [55] Čupić, M., Suknović, M., (2010), *Odlučivanje*, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
- [56] Čupić, M., Tummala, V.M., Suknović, M., (2003), *Odlučivanje: formalan pristup*, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
- [57] Dağdeviren, M., Yüksel, I., (2008), Developing a fuzzy analytic hierarchy process (AHP) model for behaviour-based safety management, *Information Sciences*, vol. 178, no. 6, 2008, pp. 1717-1733.
- [58] Dağdeviren, M., Yüksel, İ., Kurt, M., (2008a), A fuzzy analytic network process (ANP) model to identify faulty behavior risk (FBR) in work system, *Safety Science*, vol. 46, no. 5, pp. 771-783.
- [59] Davoudian, K., Wu, J.-S., Apostolakis, G., (1994a), Incorporating organizational factors into risk assessment through the analysis of work processes, *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 45, pp. 85–105.
- [60] Davoudian, K., Wu, J.-S., Apostolakis, G., (1994b), The work process analysis model (WPAM), *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 45, pp. 107–125.
- [61] de Waal, A., Ritchey, T., (2007), Combining Morphological Analysis and Bayesian Networks for Strategic Decision Support, *ORiON*, vol. 23, no. 2, pp. 105-121.
- [62] Dekker, S., (2010), "In the system view of human factors, who is accountable for failure and success?", In D. de Waard, A. Axelsson, M. Berglund, B. Peters, and C. Weikert (Eds.), *Human Factors: A system view of human, technology and organisation*, Maastricht, the Netherlands: Shaker, pp. 9 - 28..

- [63] Deng, H, (1999), Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparisons, *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 21, pp. 215-231.
- [64] Deng, J.L., (1982), The control problems of grey system, *Journal of Systems and Control Letters*, no. 5, pp. 288-294.
- [65] Department of Eenergy (DOE), (2011), *Integrated Safety Management System Guide*, G 450.4-1C.
- [66] Department of Labour, (2009), *The Workplace Health and Safety Strategy for New Zealand to 2015*, Wellington, New Zealand, pp. 27-28, Web (приступано 13.03.2014): [www.dol.govt.nz](http://www.dol.govt.nz)
- [67] Dix, A., Finlay, J., Abowd, G., Beale, R., (1998), *Human-Computer Interaction*, 2nd edition, Prentice Hall Europe, Harlow, Essex.
- [68] Donabedian A., (2005), Evaluating the Quality of Medical Care, *Milbank Quaterly*, 83(4), pp. 691–729.
- [69] Duijm, N.J., Fievez, C., Gerbec, M., Hauptmanns, U., Konstandinidou, M., (2008), Management of health, safety and the environment in process industry, *Safety Science*, vol. 46, no. 6, pp. 908–920.
- [70] Dwyer, C. (2011), "Socio-technical Systems Theory and Environmental Sustainability", In: *Proceedings of SIGGreen Workshop*, Sprouts: Working Papers on Information Systems. Web (приступано 14.06.2013): <http://sprouts.aisnet.org/11-3>.
- [71] Edwards, W., (1977), How to use multiattribute utility measurement for social decision-making, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-7, pp. 326-340.
- [72] Edwards, W., Barron, F.H., (1994), SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurements, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, vol. 60, pp. 306-325.
- [73] Embrey, D.E, Humphreys, P.C, Rosa, E.A., Kirwan, B., Rea, K., (1984), *SLIM-MAUD: An Approach to Assessing Human Error Probabilities Using Structured Expert Judgment*, NUREG/CR-3518. US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [74] EN 50126, (1999), *Railway applications: The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) for railway applications*, Part 0: dependability.
- [75] *Enterprise Integration Glossary*, Enterprise Integration Inc. Resource Center, Alexandria. Web (приступано 08.05.2013): <http://4vww.eiisolutions.net/resource-center/glossary>

- [76] EPRI, (2001), *The US Department of Energy Final report on Leading Indicators of Human Performance*, Palo Alto, CA and Washington, DC, 1003033.
- [77] Ergu, D., Kou, G., Shi, Y., Shi, Y., (2014), Analytic network process in risk assessment and decision analysis, *Computers & Operations Research*, vol. 42, pp. 58-74.
- [78] Erikson, S.G., (2009), Performance indicators, *Safety Science*, vol. 47, pp. 468.
- [79] EU-OSHA (2012), *Business aspects of OSH*, Web (приступано 18.04.2014): [https://osha.europa.eu/en/topics/business-aspects-of-osh/index\\_html](https://osha.europa.eu/en/topics/business-aspects-of-osh/index_html)
- [80] European Committee for Standardization, (2004), *European Guide to Good Practice in Knowledge Management, Part I*, CENWorkshop Agreement CWA 14924-1.
- [81] Fairburn, C., Wright P.C., Fields, R.E., (1999), "Air Traffic Control as Distributed Joint Activity: Using Clark's Theory of Language to Understand Collaborative Working in ATC", In: *Proc. of the European Conference on Cognitive Science*, Siena.
- [82] Fernández, C., E. Ley, Steel, M., (2002), Bayesian modelling of catch in a north-west Atlantic fishery, *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, vol. 51, no. 3, pp. 257-280.
- [83] Fernandez-Muniz, B., Montes-Peon, J.M., Vazquez-Ordas C.J., (2009), Relation between occupational safety management and firm performance, *Safety Science*, vol. 47, no. 7, pp. 980-991.
- [84] Fernandez-Muniz, B., Montes-Peon, J.M., Vasquez-Ordas, C.J., (2007), Safety culture: analysis of the causal relationships between its key dimensions, *Journal of safety research*, 38, pp. 627-641.
- [85] Firestone J.M., *The New Knowledge Management, The Open Enterprise, and Knowledge Technology*, Web (приступано 5.5.2013): [www.kmci.org/media/Firestone-tnkmp2rev3.pdf](http://www.kmci.org/media/Firestone-tnkmp2rev3.pdf)
- [86] Firestone, J.M., McElroy, M.W., (2003), *The Open Enterprise Building Business Architectures for Openness and Sustainable Innovation*, KMCI Publications Group, Hartland Four Corners, Vermont, Executive Information Systems.
- [87] Flach, J.M., (2000), *Discovering Situated Meaning: An Ecological Approach to Task Analysis In Cognitive Task Analysis*, Shraagen J. M., Chipman S. F., Shalin V. L. Eds.
- [88] Flor, N.M., (1998), Side-by-Side Collaboration: A Case Study, *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 49, pp. 201-222.
- [89] Fong, P., (2003), Knowledge creation in multidisciplinary project teams: an empirical study of the processes and their dynamic interrelationships, *International Journal of Project Management*, vol. 21, no. 7, pp. 479-486.

- [90] Fong, P.S.W., (2003), Knowledge creation in multidisciplinary project teams: an empirical study of the processes and their dynamic interrelationships, *International Journal of Project Management*, vol 21, no. 7, pp. 479-486.
- [91] Ford, A., (2009), *Modeling the environment*, 2nd edition, Washington: Island Press.
- [92] Forman, E., Peniwati, K., (1998), Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*.
- [93] Fox, M.S., (1993), Issues in Enterprise Modeliing, In *Proc. of the IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Le Touquet, France.
- [94] Freeman, L., (2006), *The Development of Social Network Analysis*, Vancouver: Empirical Press.
- [95] Gell-Mann, M., (1994), *The Quark and the Jaguar*, New York, NY: Freeman.
- [96] Gendrau, O., Robillard, P.N., (2009), "Exploring Knowledge Flow in Software Project Development", In: *Proc. of the International Conference on Information, Process, and Knowledge Management eKNOW 2009*, Kankun, Mexico, pp. 99-104.
- [97] Gertman, D.I., Hallbert, B.P., Blackman, H., Schurman, D., Thompson, C., (1998), "Management and organizational factors research: the socio-organizational contribution to risk assessment and the technical evaluation of systems (SOCRATES) ", In: Mosleh, A., Bari, R.A. (Eds.), *Probabilistic Safety Assessment and Management*, Proceedings from PSAM 4, Springer, New York City, USA.
- [98] Gherardi, S., Nicolini, D., (2000), The Organizational Learning of Safety in Communities of Practice, *Journal of Management Inquiry*, vol. 9, no. 1, pp. 7-18.
- [99] Grabowski, M., Ayyalasomayajula, P., Merrick, J., Harrald, J.R., Roberts, K., (2007), Leading indicators of safety in virtual organizations, *Safety Science*, vol. 45, pp. 1013–1043.
- [100] Gray, P.C.R., Wiedemann, P.M., (1999), Risk management and sustainable development: mutual lessons from approaches to the use of indicators, *Journal of Risk Research*, vol. 2, pp. 201–218.
- [101] Greene, R., Devillers, R., Luther, J.E., Eddy, B.G., (2011), GIS-based multi-criteria analysis, *Geography Compass* 5/6, pp. 412–432.
- [102] Groen, F., Smidts, C., Mosleh, A., Swaminathan, S., (2002), "QRAS – The Quantitative Risk Assessment System", In: *IEEE 2002 Proceedings Annual reliability and maintainability symposium*, pp. 349-358.
- [103] Gross, M.M., Ayres, T.J., Wreathall, J., Merritt, A., Moloi, D., (2001), "Predicting human performance trends", In: *Proceedings of the 7th Annual Human*

- Performance/Root Cause/Trending Workshop*, Baltimore, Maryland. Web (приступано 13.9.2013): [http://www.epri.com/attachments/266888\\_BaltHPmtext.pdf](http://www.epri.com/attachments/266888_BaltHPmtext.pdf)
- [104] Grote, G., (2009), Response to Andrew Hopkins, *Safety Science*, vol. 47, pp. 478.
- [105] Gudas, S., Brundzaite, R., (2007), "Interactions at the Enterprise Knowledge Management Layer", In: *Databases and information Systems IV*, Vasilecas et al. (Eds.), IOS Press.
- [106] Gupta, J.N.D., Sharma, S.K., Hsu, J., (2007), "An Overview of Knowledge Management", In: *Knowledge Management: Concepts, Methodologies, Tools and Applications*, eds. Jennex, M.E., Information Science Reference, New York.
- [107] Haber, S.B., O'Brien, J.N., Metlay, D.S., Crouch, D.A., (1991), Influence of organizational factors on performance reliability, In: *Overview and Detailed Methodological Development*, NUREG/CR-5538, BNL-NUREG-52301, vol. 1. US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [108] Hale, A., (2009a), Editorial special issue on process safety indicators, *Safety Science*, vol. 47, pp. 459.
- [109] Hale, A., (2009b), Why safety performance indicators?, *Safety Science*, vol. 47, pp. 479–480.
- [110] Hamid, A.R.A., Singh, B., Yusof, W.Z.W., Yang, A.K.T., (2004), Integration of safety, health, environment and quality (SHEQ) management system in construction: A review, *Jurnal Kejuruteraan Awam*, 16, 2004, pp. 24-37.
- [111] Hansen, W.C., (1991), *The Integrated Enterprise, in Foundation of World-Class Manufacturing Systems: Symposium Papers*, National Academy of Engineering, 2101 Consortium Ave. N.W., Washington, DC.
- [112] Harms-Ringdahl, L., (2004), Relationships between accident investigations, risk analysis, and safety management, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 11, pp. 13–19.
- [113] Harms-Ringdahl, L., (2009), Dimensions in safety indicators, *Safety Science*, vol. 47, pp. 481–482.
- [114] Harris, R., (1998), *Introduction to Decision Making*, VirtualSalt. Web site (приступано 08.08.2013): <http://www.virtualsalt.com/crebook5.htm>
- [115] Harrison, E.F., (1987), *The managerial decision making process*, Houghton Mifflin company, Boston.
- [116] Heel, K.A.L. van, Knegeting, B., Brombacher, A.C., (1999), Safety Lifecycle Management – A flowchart presentation of the IEC 65108 Overall Safety Lifecycle Model, *Quality and Reliability Engineering International*, 15.

- [117] Hellevik, O., (1999), *Research Methodology in Sociology and Political Science*, Universitetsforlaget, Oslo, Norway.
- [118] Herrera, I., Woltjer, R., (2008), "Comparing a multi-linear (STEP) and systemic (FRAM) method for accident analysis", In: *Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications*, Taylor & Francis.
- [119] Holland, J., (1998), *Emergence*, Reading, MA: Helix/Addison-Wesley.
- [120] Hollnagel, E., (2004), *Barrier and Accident Prevention*, Ashgate, Hampshire, England.
- [121] Holmberg, J., Laakso, K., Lehtinen, E., Johanson, G., (1994), "Safety evaluation by living probabilistic safety assessment and safety indicators", In: *TemaNord 1994:614*, The Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark.
- [122] Holme, L., Watts, R., (2000), Making Good Business Sense, *The World Business Council for Sustainable Development*.
- [123] Hong, J., Ståhle, P., (2005), The coevolution of knowledge and competence management, *International Journal of Management Concepts and Philosophy*, vol. 1, no. 2, pp.129–145.
- [124] Hopkins, A., (2000), *Lessons from Longford, The Esso Gas Plant Explosion*, CCH Australia Limited, Sydney.
- [125] Hopkins, A., (2009), Thinking about process safety indicators, *Safety Science*, vol. 47, pp. 460–465.
- [126] Hopkins, A., (2009b), Reply to comments, *Safety Science*, vol. 47, pp. 508–510.
- [127] HSE and CIA (Chemical Industries Association) (2006), *Developing process safety indicators - A step-by-step guide for chemical and major hazard industries*, Health and Safety Executive.
- [128] HSE, (1997), *Successful health and safety management HSG65*, HSE Books.
- [129] HSE, (1998), *Managing health and safety*, INDG275 HSE Books.
- [130] HSE, (2000), *HSE, Health and safety benchmarking – improving together*, Guidance to those interested in applying benchmarking to health and safety. Web site (приступано 13.03.2014): <http://www.open.gov.uk/hse/hsehome.htm>
- [131] HSE, (2006), *Developing process safety indicators: a step-by-step guide for chemical and major hazard industries*, UK Health and Safety Executive.
- [132] Hsu, T., Nian, S., (1997), Interactive fuzzy decision aided systems – a case on public transportation system operations, *Journal of Transportation*, vol. 10, no. 1, pp. 79-96.

- [133]Huang, I.B., Keisler, J., Linkov, I., (2011), Multi-criteria decision analysis in environmental science: ten years of applications and trends, *Science of the Total Environment*, no. 409, pp. 3578–3594.
- [134]Huijben A.J.M., Sonnemans P.J.M., Geudens W.H.J., Brombacher A.C., Wolbert P.M.M., (1998), „Reliability improvement, a generic approach?“, In: *Proc. of the ESREL '98 conference*, Trondheim, Norway, pp. 359-366.
- [135]Hutchins, E., (1991), "The social organization of distributed cognition", In L.R. Resnick et al (eds), *Perspectives on socially shared cognition*, Washington DC: American Psychological Association, pp. 284 - 307.
- [136]Hutchins, E., (1995), *Cognition in the Wild*. MIT Press.
- [137]Hwang, C.L., Lai, Y.J., Liu, T.Y. (1993), A new approach for multiple objective decision making, *Computers and Operational Research*, vol. 20, pp. 889–899.
- [138]Hwang, C.L.; Yoon, K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, New York: Springer-Verlag.
- [139]IAEA (International Atomic Energy Agency), (1988), *Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants*, Safety Series 75-INSAG-3, Vienna, Austria.
- [140]IAEA, (1991), *Safety Culture*, IAEA Safety Series No. 75-INSAG-4, International Nuclear Safety Advisory Group, Vienna, Austria.
- [141]IAEA, (1999a), *Management of Operational Safety in Nuclear Power Plant*, INSAG-13. International Nuclear Safety Advisory Group, Vienna, Austria.
- [142]IAEA, (1999b), *Indicators to Monitor NPP Operational Safety Performance*, IAEA-J4-CT-2883, Vienna, Austria.
- [143]IAEA, (2000), *Operational safety performance indicators for nuclear power plants*, IAEA-TECDOC-1141, International atomic energy agency, Vienna.
- [144]IEC 61508, (2010), *Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems*, Geneva:International Electrotechnical Commission.
- [145]IEC 61511, (2003), *Functional safety - safety instrumented systems for the process industry*, Geneva: International Electro technical Commission.
- [146]Imboden D.M., Pfenninger S. (2013), *Introduction to Systems Analysis: Mathematically Modeling Natural Systems*, Springer Verlag, 2013.
- [147]Inkpen, A., (1998), Learning, knowledge acquisition, and strategic alliances, *European Management Journal*, vol. 16, pp. 223-229.
- [148]Inkpen, A., (1998), Learning, knowledge acquisition, and strategic alliances, *European Management Journal*, 1998, vol. 16, no. 2, pp. 223-229.



- [149] International Labour Organization, (2003), *Safety in numbers - Pointers for global safety culture at work*, Geneva. Web (приступано 08.03.2014):  
[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_142840.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_142840.pdf)
- [150] Ishizaka A., Lusti M., (2006), How to derive priorities in AHP: a comparative study, *Central European Journal of Operations Research (CEJOR)*, vol. 14, no. 4, pp. 387-400.
- [151] Ismail, Z., Somarin, S.D., (2012), "Safety Management System; An evaluation of construction safety factors by using Analytic Network Process (ANP)", In: *Proc. of the 6th Symposium on Advances in Science and Technology*, Kuala Lumpur, Malaysia.
- [152] ISO - International Organization for Standardization (2012), *ISO 31000 - Risk Management Principles and Guidelines*. Web (приступано 07.03.2014):  
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-1:v1:en>
- [153] ISO - International Organization for Standardization, (2009), *Social Responsibility - ISO 26000*, pp. 8, 2009. Web (приступано 07.09.2013): <http://www.iso.org/sr>
- [154] ISO - International Organization for Standardization, (2012), *ISO 22301:2012 Societal security - Business continuity management systems --- Requirements*. Web access:  
[http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=50038](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=50038)
- [155] ISO 2382, (1995), *ISO 2382: Data Processing and Information Technology Vocabulary*.
- [156] Jacquet-Lagrèze, E., Siskos, Y., (1982). Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making: The UTA method, *European Journal of Operational Research*, vol. 10, no. 2, pp. 151–164.
- [157] Janačković, G., (2013a), "Evaluation of safety approaches in small and medium enterprises by means of Analytic Network Process", In: *Proc. of the 1st Virtual Multidisciplinary Conference QUAESTI*, Zilina, Slovakia, 16-20. December, 2013, pp. 29-35.
- [158] Janačković, G., (2013b), Delphi-Fuzzy AHP Ranking of the Occupational Safety Community of Practice Performance Indicators, *Journal of Management and Marketing*, EDIS - Publishing Institution of the University of Zilina, Zilina, Slovakia, 1 (1), pp. 9-16.
- [159] Janačković, G., (2013c), "Factors influencing efficient integration of safety systems", In: *Proc. of the V. Conf. Human And Social Sciences at the Common Conference*, Slovakia, 2013, pp.13-17.

- [160] Janačković, G., Savić S., Stanković, M., (2011), "Safety Performance Indicators in Organizational Safety Management Systems", In: *Proceedings of the 2nd International Conference Life Cycle Engineering and Management*, DQM Research Centre, Belgrade, Serbia, pp. 131-139.
- [161] Janačković, G., Savić, S., Stanković, M., (2010), "Safety Lifecycle and risk assessment", In: *Proc. of the 13th International Conference Dependability and Quality Management ICDQM-2010*, Belgrade, Serbia, pp. 255-261.
- [162] Janačković, G., Savić, S., Stanković, M., (2010), "Životni ciklus zaštite i upravljanje znanjem", Zbornik radova "Elektronsko učenje na putu ka društvu znanja", Univerzitet Metropolitan, Beograd, str. 89-94.
- [163] Janačković, G., Savić, S., Stanković, M., (2011), "Safety Performance Indicators in Organizational Safety Management Systems", In: *Proc. of the 2nd Int. Conf. Life Cycle Engineering and Management ICDQM-2011*, Belgrade, Serbia, pp. 131-139.
- [164] Janačković, G., Savić, S., Stanković, M., (2011), Multi-criteria decision analysis in occupational safety management systems, *Safety Engineering*, University of Nis, Faculty of Occupational Safety, Nis, Serbia, vol. 1, pp. 17-23.
- [165] Janačković, G., Savić, S., Stanković, M., (2013), Selection and ranking of occupational safety indicators based on fuzzy AHP: Case study in road construction companies, *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 24, no. 3, pp. 175-189.
- [166] Janačković, G., Stanković, M.S., Savić, S.M., (2012a), "Communities of practice for safety", In: *Proc. of the 3rd Int. Conf. Life Cycle Engineering and Management ICDQM 2012*, Belgrade, Serbia, pp. 179-185.
- [167] Jennex E., (2008), *Current Issues in Knowledge Management Murray*, IGI Global.
- [168] Jennex, M.E., (2007), "A survey of Internet Support for Knowledge Management / Organizational Memory Systems", In: *Knowledge Management: Concepts, Methodologies, Tools and Applications* (eds. Jennex, M.E.), Information Science Reference, New York.
- [169] Jennex, M.E., Olfman, L., (2002), "Organizational memory/knowledge effects on productivity", In: *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*.
- [170] Jennings, N.R., (2000), On agent based software engineering, *Artificial Intelligence*, vol. 117, no. 2, pp. 277-296.
- [171] Jermol M., *Knowledge technologies for network organisations*, Web site (приступано 12.03.2014): [http://videlectures.net/ess07\\_jermol\\_ktno/](http://videlectures.net/ess07_jermol_ktno/)

- [172] Johnsen, J.W., Rasmuson, D.M., (1996), The US NRC's accident sequence precursor program: an overview and development of a Bayesian approach to estimate core damage frequency using precursor information, *Reliability Engineering and System Safety*, 53 (2), pp. 205–216.
- [173] Joubert, W., Cruywagen, J.H., Basson, G.A.J., (2005), Will the implementation of a total quality management system benefit South African construction companies?, *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 16, no. 1, pp. 29-40.
- [174] Karsa, Z., (1998), "Analysis of events to support risk evaluation of nuclear power plants", In: Hansen, S. (Ed.), *Safety and Reliability*, ESREL, Balkema, Rotterdam.
- [175] Keeney, R.L., Raiffa, H., (1976), *Decision analysis with multiple objectives*, New York: John Wiley and sons, Inc.
- [176] Kerklaan, L.A.F.M., Kingma, J., Kleef van, F.P.J. (1998), *De cockpit van de organisatie*, Kluwer Bedrijfsinformatie B.V.
- [177] Kjellén, U., (2000), *Prevention of Accidents Through Experience Feedback*, Taylor & Francis, London and New York.
- [178] Kjellén, U., (2009), The safety measurement problem revisited, *Safety Science*, 47, pp. 486–489.
- [179] Klein, G., (2000), "Cognitive Task Analysis of Teams", In: *Cognitive Task Analysis*, (Shraagen, J.M., Chipman, S.F., Shalin V.L. Eds.), LEA.
- [180] Kletz, T., (1999), *Hazop and hazan*, Institute of chemical engineers, Warwickshire, United Kingdom.
- [181] Knegtering B., (2002), *Safety lifecycle management in the process industries: the development of a qualitative safety-related information analysis technique*, Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- [182] Kongsvik, T., Almklov, P., Fenstad, J., (2010), Organizational safety indicators: Some conceptual considerations and a supplementary qualitative approach, *Safety Science*, vol. 48, pp. 1402-1411.
- [183] Körvers, P.M.W., Sonnemans, P.J.M., (2008), Accidents: a discrepancy between indicators and facts!, *Safety Science*, 46 (7), pp. 1067–1077.
- [184] Kosanke, K., Nell, J.G.. eds., (1997), *Enterprise Engineering and Integration: Building International Consensus*, Springer-Verlag, Berlin. 1997.
- [185] Krstić, B., Sekulić, V., (2007), *Upravljanje performansama preduzeća*, Univerzitet u Nišu, Ekonomski fakultet.

- [186] Krstić, I., (2010), *Modeli za sistemsku analizu rizika tehnoloških sistema*, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, 2010.
- [187] Kucza, T., (2001), *Knowledge Management Process Model*, Technical research centre of Finland, ESPOO 2001.
- [188] Kulak, O., Durmusoglu, B., Kahraman, C., (2005), Fuzzy multi-attribute equipment selection based on information axiom, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 169, pp. 337–345.
- [189] Labodova, A., (2004), Implementing integrated management systems using a risk analysis based approach, *Journal of Cleaner Production*, 12, pp. 571–580.
- [190] Lave, J., Wenger, E., (1991), *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge University Press.
- [191] Lee, W.K., (2006), Risk assessment modeling in aviation safety management, *Journal of Air Transport Management*, vol. 12, pp. 267–273.
- [192] Leonard, D., Sensiper, S., (1998), The role of tacit knowledge in group innovation, *California Management Review*, vol. 40, no.3, pp. 112-132.
- [193] Leplat, J., (1987), "Occupational accident research and systems approach", In: *New technology and human error*, (eds. Rasmussen, J., Duncan, K., Lepat, J.), New York: John Wiley&Sons, pp. 181-191.
- [194] Leveson, N., (2004), A new accident model for engineering safer systems, *Safety Science*, vol. 42, pp. 237–270.
- [195] Leveson, N., (2011), *Engineering a Safer World: systems thinking applied to safety*, Massachusetts Institute of Technology.
- [196] Levy, J.K., Taji, K., (2007), Group decision support for hazards planning and emergency management: A Group Analytic Network Process (GANP) approach, *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 46, no. 7–8, pp. 906-917.
- [197] Liew, A., (2007), Understanding Data, Information, Knowledge And Their Inter-Relationships, *Journal of Knowledge Management Practice*, vol. 8, no. 2.
- [198] Lindsey, K., (2002), "Measuring knowledge management effectiveness: A task-contingent organizational capabilities perspective", In: *Proceedings of the 8th Americas Conference on Information Systems*, pp. 2085-2090.
- [199] Liou, T.S., Wang, M.J., (1992), Ranking fuzzy numbers with integral value, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 50, pp. 247–256.
- [200] Lock, S., (2004), The management of socio-technical systems using configuration modelling, *Human Systems Management*, vol. 23, no. 1, pp. 29-47.

- [201] Long, S.M., O'Reilly, P.D., Rodrick, E.G., Sattison, M.B., (1998), *Current status of the SAPHIRE models for ASP evaluations*, In: *Probabilistic Safety Assessment and Management, Proceedings From PSAM 4*, (Eds. Mosleh, A., Bari, R.A.), Springer, New York, pp. 195.
- [202] Lorry, M., (1999), *Acidentes Industriais – O Custo do Silêncio*, Rio de Janeiro: MultiMais Editoria.
- [203] Louvar, J., (2010), "Guidance for safety performance indicators", *Process Safety Progress*, 29, pp. 387–388.
- [204] Ludwig, S., Beyer, C., Mauerman, R., (2011), *Improving Manufacturing Safety and Performance Using an Integrated Risk Management Model - How Effective Management of Productivity, Quality, Risk and Safety (PQRS) drive manufacturing profitability and sustainability*, Zurich American Insurance Company.
- [205] Luković, S., (2001), *Priručnik za procenu profesionalnih rizika*, Zaštita Beograd.
- [206] Lundteigen, M.A., Rausand, M., Utne, I.B., (2009), Integrating RAMS engineering and management with the safety life cycle of IEC 61508, *Reliability Engineering and System Safety*, 94, pp. 1894–1903.
- [207] Maier, R., (2004), *Knowledge Management Systems. Information and Communication Technologies for Knowledge Management*, 2nd edition. Berlin et al.
- [208] Malenović-Nikolić, J., Janačković, G., Vasović, D., (2013), "Environmental aspects ranking: The AHP approach", In: *Proc. of the 4th International Conference Life Cycle Engineering and Management ICDQM-2013*, Belgrade, Serbia, pp. 360-365.
- [209] Mantovani, G., (1996), Social Context in HCI: A New Framework for Mental Models, Cooperation, and Communication, *Cognitive Science*, vol. 20, no. 2, pp. 237-269.
- [210] Marcus, A.A., Nichols, M.L., Bromiley, P., Olson, J., Osborn, R.N., Scott, W., Pelto, P., Thurber, J., (1990), *Organization and Safety in Nuclear Power Plants*, NUREG/CR-5437, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [211] Massey, A.P., Montoya-Weiss, M.M., O'Driscoll, T.M., (2002), Knowledge management in pursuit of performance: Insights from Nortel networks, *MIS Quarterly*, vol. 26, no. 3, pp. 269-289.
- [212] Mathias, J., Coelho D., (2002), The integration of the standards systems of quality management, environmental management and occupational health and safety management, *International journal of productin research*, 40 (15), pp. 3857-3866.
- [213] McDonald, M., Mors, T.A., Phillips A., (2003), Management system integration: can it be done?, *Quality progress*, pp. 67-74.

- [214] Mearns, K., (2009), From reactive to proactive – can LPs deliver?, *Safety Science*, vol. 47, pp. 491–492.
- [215] Medgate Inc., *The business case for OHS software*, 2012.
- [216] Mendoça, D., (2008), "Measures of resilient performance", In: *Resilient Engineering Perspectives, Remaining Sensitive to the Possibility of Failure*, vol. 1., (Eds. Hollnagel, E., Nemeth, C.P., Dekker, S.), Ashgate, Aldershot, USA, pp. 29–46.
- [217] Mészáros, Cs., Rapcsák, T., (1996), On sensitivity analysis for a class of decision systems, *Decision Support Systems*, vol. 16, pp. 231-240.
- [218] Middleton, D., (1996), "Talking Work: Argument, Common Knowledge, and Improvisation in Teamwork", In: *Communication and Cognition at Work*, (eds. Engestrom, Y., Middleton, D.), Cambridge: CUP.
- [219] Miguel, A.R. (2006), *Human Error Analysis for Collaborative Work*, PhD thesis, University of York, Department of Computer Science.
- [220] Mikhailov, L., (2003), Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgments, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 134, no. 3, pp. 365-385.
- [221] Miller, D.W., Starr, M.K., (1969). *Executive Decisions and Operations Research*, Englewood Cliffs, NJ, U.S.A.: Prentice-Hall, Inc.
- [222] Minarick, J.W., Kukielka, C.A., (1982), *Precursors to Potential Severe Core Damage Accidents: 1969–1979: A Status Report*, NUREG/CR-2497, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [223] Министарство за рад и социјалну политику (2007), Правилник о евиденцијама у области безбедности и здравља на раду, Службени гласник РС, број 62/2007.
- [224] Mintzberg, H., (1979), *The Structure of Organizations*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc., NJ, USA.
- [225] Mintzberg, H., (1983), *Power In and Around Organizations*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc., NJ, USA.
- [226] Mintzberg, H., (1988), *Mintzberg on Management: Inside our Strange World of Organizations*, The Free Press, New York, USA.
- [227] Mintzberg, H., (1992), *Structures in five, designing effective organizations*, Prentice Hall.
- [228] Mohaghegh-Ahmadabadi, Z., (2007), *On the theoretical foundations and principles of organizational safety risk analysis*, Dissertation, University of Maryland.
- [229] Mohamed, M.S., Ribière, V.M., O'Sullivan, K.J., Mohamed, M.A., (2008), The restructuring of the information technology infrastructure library (ITIL) implementation

- using knowledge management framework, *The Journal of information and knowledge management systems*, vol. 38, no. 3, pp. 315-333.
- [230] Molenaar P.A., Huijben A.J.M., Bouwhuis D., Brombacher A.C., (2001), Why do quality and reliability feedback loops not always work in practice?, *Reliability Engineering and System Safety*.
- [231] Moreño, M., Correa, M.A., Sola, R., (1998), "Strategy for the development of operational safety indicators in the chemical industry", In: *9th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries*, Barcelona, Spain, pp. 205–215.
- [232] Mosleh, A., Wang, C., Groth, K., Mohagegh, Z., (2005), *Integrated Methodology for Identification, Classification and Assessment of Aviation system Risk*, Prepared for Federal Aviation Administration (FAA), Center for Risk and Reliability.
- [233] Moss, J., Xiao, Y., Zubaidah, R.N., (2002), The Operating Room Charge Nurse: Coordinator and Communicator, *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 9, S70-S74, pp. 478-482.
- [234] Mossink, J., (2002), *Inventory of Socioeconomics costs of work accidents*, European Agency for Safety and Health at Work, Luxembourg.
- [235] Mumford, E. (1993), The participation of users in systems design: an account of the origin, evolution, and use of the ETHICS method, In *Participatory Design. Principles and Practices*, (eds. Schuler, D., Namiok, A.), New Jersey, Erlbaum Associates, pp. 257-270.
- [236] Mumford, E., (2000), A socio-technical approach to systems design, *Requirements Engineering*, pp. 125-133.
- [237] Narayan, M., (2012), Business performance and maintenance: How are safety, quality, reliability, productivity and maintenance related?, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Emerald Group Publishing Limited, vol. 18, no. 2, pp. 183-195.
- [238] Nardi, B., (1996) (Ed.), *Context and Consciousness: Activity Theory and Human Computer Interaction*, The MIT Press.
- [239] Neches, R., Fikes, R., Finin, T., Gruber, T., Patil, R., Senator, T., Swartout, W.R., (1991), Enabling technology for knowledge sharing, *AI Magazine*, vol. 12, no. 3, pp. 36-56.
- [240] Nicolini D., Mezner M., (1995), The social construction of organizational learning, *Human Relation*, vol. 48, no.7, pp. 727-746.

- [241] Nonaka I., (1995), A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation, *Organization Science*, vol. 5, no.1, pp. 88-102.
- [242] Nonaka I, Konno N., (1998), The concept of Ba: building a foundation for knowledge creation, *California management review*, vol. 40, no. 3, pp. 40-54.
- [243] Norman, D.A., (1990), The 'Problem' with Automation: Inappropriate Feedback and Interaction, not 'Over-Automation', *Phil. Trans. R. Soc., Lond. B*, vol. 327, no. 1241, pp. 585-593.
- [244] Notturmo, M., (2000), *Science and the Open Society*, Budapest, Hungary: Central European University Press.
- [245] OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), (2003), *Guidance on safety performance indicators*, OECD Environment, Health and Safety Publications, Series on Chemical Accidents 11.
- [246] OGP, (2013), *Safety performance indicators-2012 data*, International association of oil and gas producers, London, UK, [www.ogp.org.uk/pubs/2012s.pdf](http://www.ogp.org.uk/pubs/2012s.pdf).
- [247] Øien, K., (2001), A framework for the establishment of organizational risk indicators, *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 74, pp. 147-167.
- [248] Øien, K., (2001b), *Risk Control of Offshore Installations - A Framework for the Establishment of Risk Indicators*, Department of Production and Quality Engineering, PhD thesis. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway.
- [249] Øien, K., (2001c), Risk indicators as a tool for risk control, *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 74, 129–145.
- [250] Øien, K., Sklet, S., (2000), "A structure for the evaluation and development of organizational factor frameworks", In: Kondo, S., Furuta, K. (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM 5)*, Universal Academy Press, Inc., Osaka, Japan, pp. 1711–1717.
- [251] Øien, K., Sklet, S., Nielsen, L., (1998), "Development of risk level indicators for a petroleum production platform", In: *Proceedings of the 9th International Symposium of Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries*, Springer, Spain, pp. 382–393.
- [252] Øien, K., Utne, I., Herrera, I., (2010), Building Safety Indicators, Part 1 – theoretical foundation, *Safety Science*, vol. 49, pp. 148–161.



- [253] Øien, K., Utne, I.B., Tinmannsvik, R.K., Massaiu, S., (2010), Building Safety Indicators. Part 2—Application, practices and results, *Safety Science*, vol. 49, no. 2, pp. 162–171.
- [254] Olson, G.M., Olson, J.S., (2002), *Distance Matters In Human-Computer Interaction in the New Millennium*, Carroll J. M. Ed., Addison Wesley.
- [255] Olson, J., Chockie, A.D., Geisendorfer, C.L., Vallario, R.W., Mullen, M.F., 1988. Development of Programmatic Performance Indicators. NUREG/CR-5241, PNL-6680, BHARC-700/88/022. US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [256] Olson, J., Osborn, R.N., Jackson, D.H., Shikiar, R., (1985), *Objective Indicators of Organizational Performance at Nuclear Power Plants*, NUREG/CR-4378, PNL-5576, BHARC-400/85/013, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [257] Osborn, R.N., Olson, J., Sommers, P.E., McLaughlin, S.D., Jackson, J.S., Scott, W.G., Connor, P.E., (1983), *Organizational Analysis and Safety for Utilities with Nuclear Power Plants Volume 1. An Organizational Overview*, NUREG/CR-3215, PNL-4655, BHARC-400/83/011, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [258] OSHA, (1999), *Process safety management*, OSHA Publication 3132.
- [259] OSHA, (2012), *Injury and Illness Prevention Programs*, Web (приступано 8.3.2014): <http://www.osha.gov/dsg/topics/safetyhealth/OSHAwhite-paper-january2012sm.pdf>
- [260] Parenta, M., Gallupeb, B., Salisburyc, D., Handelman, J.M., (2000), Knowledge creation in focus groups: can group technologies help?, *Information and Management*, vol. 38, pp.47-58.
- [261] Pastijn, H., Leysen, J., (1989), Constructing an Outranking Relation with ORESTE, *Mathematical Computer Modelling*, Pergamon Press, vol. 12, no. 10/11, pp. 1255-1268.
- [262] Patel, H., Pettit, M., Wilson, J.R., (2012), Factors of collaborative work: A framework for collaboration model, *Applied Ergonomics*, vol. 43, pp. 1-26.
- [263] Perrow, C., (1984), *Normal accidents: living with high-risk technologies*, New York : Basic Books.
- [264] Perrow, C., (1999), Organizing to reduce the vulnerabilities of complexity, *Journal of Contingencies and Crisis Management*, vol.7, no.3, pp.150-155.
- [265] Petersen, D., (1998), What should we use and why? measuring safety system effectiveness, *Professional Safety*, vol. 43, no. 10, pp. 37–40.
- [266] Petković, D., Blagojević, M., Ristić, J., Krstić, D., Janačković, G., Vidojković, B., Kulašević, D., (2004), *Osnovi računarske tehnike i uvod u programiranje, izvodi sa predavanja*, nekatalogizirano izdanje, Fakultet zaštite na radu, Niš.

- [267] Pinelle, D., Gutwin, C., Greenberg, S., (2003), Task Analysis for Groupware Usability Evaluation: Modeling Shared-Workspace Tasks with the Mechanics of Collaboration, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, vol. 10., issue 4.
- [268] Radović, M.M., Karapandžić, S.Z., (2007), *Inženjering procesa*, Fakultet organizacionih nauka, 2007.
- [269] Raeithel, A., (1996), "On the Ethnography of Cooperative Work", In: Engestrom, Y., Middleton, D., *Cognition and Communication at Work*, Cambridge University Press, pp. 15-34.
- [270] Rainborn, C., Joyner B., (2006), Assessing Business Performance: Two Models for Environmental Information, *International Journal of Performance Management*, vol. 8, no. 2/3, pp. 252-253.
- [271] Rasmussen J., Svedung I., (2000), *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*, First edition, Swedish Rescue Services Agency, Karlstad.
- [272] Rasmussen, J., (1997), Risk management in a dynamic society: a modelling problem, *Safety Science*, vol. 27, no. 2/3, pp.183-213.
- [273] Reason, J., (1997), *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate Publishing Limited, England.
- [274] Reiman, T., Pietikäinen, E., (2011), Leading indicators of system safety – Monitoring and driving the organizational safety potential, *Safety Science*.
- [275] Rittel H., Webber, M. (1973), Dilemmas in a general theory of planning, *Policy Sciences*, 4, pp.155-169.
- [276] Robbins S.P., (1990), *Organization theory, structure, design and application*, Prentice-Hall International Inc.
- [277] Robbins, S.P., Coulter, M., (2005), *Menadžment*, Data Status, Beograd, 2005 (prevod sa engleskog).
- [278] Rochlin, G.I., La Porte, T.R., Roberts, K.H., (1987), The Self-Designing High-Reliability Organization: Aircraft Carrier Flight Operations at Sea, *Naval War College Review*, vol. 40, no. 4, pp. 76-90.
- [279] Rogers, Y., Ellis, J., (1994), Distributed Cognition: An Alternative Framework for Analysing and Explaining Collaborative Working, *Journal of Information Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 119-128.
- [280] Roland H.E., Moriarty B., (1990), *System Safety Engineering and Management*, John Wiley & Sons.

- [281] Rouvroye, J.L., (2001), *Enhanced Markov analysis as a method to assess safety in the process industry*, Eindhoven University of Technology.
- [282] Rowe, W.D., (1987), *An anatomy of risk*, John Wiley and sons, Inc., New York.
- [283] Saaty, T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill.
- [284] Saaty, T.L., (1972), *An eigenvalue allocation model for prioritization and planning*, Energy management and policy center, University of Pennsylvania.
- [285] Saaty, T.L., (1978), A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, vol. 1, pp. 57–68.
- [286] Saaty, T.L., (1996), *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.
- [287] Saaty, T.L., (2005), *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*, Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.
- [288] Saaty, T.L., Vargas, L.G., (2006), *Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. New York: Springer.
- [289] Sage, A., (1995), *Systems engineering for risk management, computer supported risk management*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 3-32.
- [290] SAIC, *Elements of process safety management (PSM)*, Web site (приступано 07.09.2013): <http://www.saic.com/environment/psm/elements.html>
- [291] Saqib, N., Siddiqi, M.T., (2008), Aggregation of safety performance indicators to higher-level indicators, *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 93, pp. 307–315.
- [292] Savić, S., Janačković, G., Nikolić, V., (2012), "Multi criteria ranking of occupational safety indicators based on AHP: case study", (unpublished).
- [293] Savić, S., Stanković, M., (2005), "Sistemska inženjerstvo - okvir obrazovanja za menadžment zaštitom", U: *Zaštita radne i životne sredine u sistemu nacionalnog i evropskog obrazovanja*, Fakultet zaštite na radu u Nišu.
- [294] Savić, S., Stanković, M., (2010), "Multidisciplinarni pristup analizi zaštite na radu", *Zbornik radova „Zaštita na radu – multidisciplinarno ostvarivanje bezbednosti i zdravlja na radu“*, Savez zaštite na radu Vojvodine i Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada, Tara, str. 54-62.

- [295] Savić, S., Stanković, M., Anđelković, B., (2002), *Sistemska analiza i teorija rizika*, Fakultet zaštite na radu.
- [296] Savić, S., Stanković, M.S., Janačković, G.LJ., (2010), "Sistemska analiza, upravljanje znanjem i interaktivan timski rad", Zbornik radova "Elektronsko učenje na putu ka društvu znanja", Univerzitet Metropolitan, Beograd, str. 95-100.
- [297] Scarso, E., Bolisani, E., Salvador, L., (2009), A systemic framework for analysis the critical success factors of communities of practice, *Journal of Knowledge Management*, vol. 1, no. 6, pp. 431-447.
- [298] Schmidt, K., Bannon, L., (1992), Taking CSCW Seriously: Supporting Articulation Work, *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, vol. 1, pp. 7-40.
- [299] Segal, L.D., (1995), "Designing Team Workstations: The Choreography of Teamwork", In: *Local Applications of the Ecological Approach to Human-Machine Systems Vol. 2*, Hancock P., Flach J., Caird J. Vicente K. Eds, LEA.
- [300] Serrat O., (2008), *Building Communities of Practice*, Asian Development Bank, Manila.
- [301] Shannon, H.S., Mayrc, J., Haines, T., (1997), Overview of the relationship between organizational and workplace factors and injury rates, *Safety Science*, vol. 26, pp. 201-217.
- [302] Shapira, A., Simcha, M., (2009), AHP-Based Weighting of Factors Affecting Safety on Construction Sites with Tower Cranes, *Journal of construction engineering and management*, april 2009, pp. 307-318.
- [303] Shi, S., Cao, J., Feng, L., Liang, W., Zhang, L., (2014), Construction of a Technique Plan Repository and Evaluation System Based on AHP Group Decision-Making for Emergency Treatment and Disposal in Chemical Pollution Accidents, *Journal of Hazardous Materials*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.05.034>.
- [304] Shipworth, D., (2005), *Synergies and conflicts on the landscape of domestic energy consumption: beyond metaphor*, The ECEEE Summer Study, Mandelieu La Napoule, France, pp. 1381-1391.
- [305] Shipworth, D., (2006), Qualitative modelling of sustainable energy scenarios: an extension of the Bon qualitative input-output model, *Construction Management & Economics*, vol. 24, no. 7, pp. 695-703.
- [306] Simone, C., Mark, G., Giubbilei, D., (1999), „Interoperability as a means of articulation work“, In: *Proceedings of the International Conference on Work Activities Coordination and Collaboration (WACC'99)*, (Georgakopoulos, D., Prinz, W., Wolf, A. L. eds.), San Francisco, New York: ACM Press, pp. 39-48.

- [307] SINTEF, (2010), *Building Safety in Petroleum Exploration and Production in the Northern Regions*, Web (приступано 18.03.2014): <<http://www.sintef.no/buildingsafety>>.
- [308] Skyttner L., (2006), *General Systems Theory Problems, Perspectives, Practice*, 2nd Edition, World Scientific Pub Co Inc.
- [309] Sommerville, I., (2001), *Software engineering*, 6th edition, Pearson education Limited.
- [310] Song, Y., Hu, Y., (2009), "Group Decision-Making Method in the Field of Coal Mine Safety Management Based on AHP with Clustering", In: *Proc. of the 6th International ISCRAM Conference*, (J. Landgren and S. Jul, eds.), Gothenburg, Sweden.
- [311] Srdjevic, B., Medeiros, Y., (2008), Fuzzy AHP Assessment of Water Management Plans, *Water Resources Management*, vol. 22, pp. 877-894.
- [312] Stamatelatos, M., (2002), *Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners*, Office of safety and Mission Assurance, NASA Headquarters, Washington, DC.
- [313] Stambolić, M., (2005), *Sigurnosni instrumentalni sistemi u procesnoj industriji*, Gradjevinska knjiga, Beograd.
- [314] Stanković, M., Savić, S., Anđelković, B., (2002), *Sistemska analiza i teorija rizika*, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš.
- [315] Steensma, H.K., (1996), Acquiring technological competencies through inter-organizational collaboration: An organizational learning perspective, *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 12, pp. 267-286.
- [316] Step Change in Safety, *Leading Performance Indicators: Guidance for Effective Use*. Web (приступано 18.10.2013): <[http://step.steel-sci.org/publications/main\\_publications\\_fs.htm](http://step.steel-sci.org/publications/main_publications_fs.htm)>
- [317] Stephans, A.R., (2004), *System Safety for 21<sup>st</sup> Century*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Hoboken.
- [318] Stoiljković, V., Stoiljković, P., Stoiljković, B., (2008), OPISysTM.Net - Integrated softver for IMS, *Total Quality Management & Excellence*, Vol. 36, No. 1-2, pp. 101-106
- [319] Strauss, A., (1988), The Articulation of Project Work: An Organizational Approach, *The Sociological Quarterly*, vol. 29, no. 2, pp. 163-178.
- [320] Svedung, J., Rasmussen, J., (2002), Graphic representation of accident scenarios: mapping system structure and the causation of accidents, *Safety Science*, vol. 40, pp. 397-417.

- [321] Sydanmaanlakka, P., (2002), *An Intelligent Organization – Integrating Performance, Competence and Knowledge Management*, Capstone Publishing, Knoxville, TN, USA.
- [322] Symon, G., Long, K., Ellis, J., (1996), The Coordination of Work Activities: Cooperation and Conflict in a Hospital Context, *CSCW: The Journal of Collaborative Computing*, vol. 5, pp. 1-31.
- [323] Tam, C.M., Tong, T.K.L., Chiu, G.C.V., Fung, I.W.H., (2002), Non-structural fuzzy decision support system for evaluation of construction safety management system, *International Journal of Project Management*, vol. 20, pp. 303–313.
- [324] Tan, R.R., Aviso, K.B., Huelgas, A.P., Promentilla, M.A.B., (2013), Fuzzy AHP approach to selection problems in process engineering involving quantitative and qualitative aspects, *Process Safety and Environmental Protection*.
- [325] Tarrants, W.E., (1980), *The Measurement of Safety Performance*, Garland STPM Press, New York, USA.
- [326] Tauber, D., Schwartz, D. G., (2008), "Integrating Knowledge Management with the Systems Analysis Process", In Murray E. J. (ed.), *Knowledge management: concepts, methodologies, tools and applications*, IGI Global, pp. 144-161.
- [327] Taylor, D.H., (1987), "The role of human action in man-machine system errors", In: *New technology and human error* (eds. Rasmussen, J., Duncan, K., Lapat, J.), New York: John Wiley&Sons, 1987, pp. 287-292.
- [328] Teo, E.A.L., Ling, F.Y.Y. (2006), Developing a model to measure the effectiveness of safety management systems of construction sites, *Building and Environment*, vol. 41, pp. 1584–1592.
- [329] Tošić, Ž., (1994), *Osnovi računarske tehnike*, Plavi čuperak.
- [330] Trepess, D., Stockman, T., (1999), A Classification and Analysis of Erroneous Actions in Computer Supported Cooperative Work Environment, *Interacting with Computers*, vol. 11, Elsevier.
- [331] Tzeng G.H., Teng J.Y., (1993), Transportation investment project selection with fuzzy multi-objectives, *Transp. Plann. Technol.*, vol. 17, no. 2, pp. 91–112, 1993.
- [332] UK DTLR (2001), *Multi Criteria Analysis: A Manual*, Department for Transport, Local Government and the Regions, UK.
- [333] Ulloa, B.R., Adams S.G., (2004), Attitude toward teamwork and effective teaming, *Team Performance Management*, 10 (7/8), pp. 145–151.

- [334] Ustinovichius, L., Zavadskas, E.K., Podvezko, V., (2007), Application of a quantitative multiple criteria decision making (MCDM-1) approach to the analysis of investments in construction, *Control and Cybernetics*, vol. 36, pp. 251–268.
- [335] Valipour, A.R., Sarvari, H., Yahaya, N., Noor, N., Safuan, A., Rashid, A., (2013), Analytic Network Process (ANP) to Risk Assessment of Gas Refinery EPC Projects in Iran, *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 9, no. 3, pp. 1359-1365.
- [336] van Dam, K. H. (2009), *Capturing socio-technical systems with agent-based modelling: Next Generation Infrastructures Foundation*.
- [337] Vauglan, E.J., (1997), *Risk Management*, John Willey & Sons, New York.
- [338] Venadat, F.B., (2002), Enterprise Modeling and Integration (EMI): Current Status and Research Perspectives, *Annual Review in Control*, vol. 26, pp. 15-25.
- [339] Vernadat, F.B., (1996), *Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications*, Chapman & Hall, London.
- [340] Vidal, P., (2003), *Safety performance indicators program*, Technical Meeting on NPP Safety Performance Indicators for Use by the Regulatory Organizations, Viena, Austria.
- [341] Vinnem, J.E., (2010), Risk indicators for major hazards on offshore installations, *Safety Science*, vol. 48, pp. 770–787.
- [342] Von Winterfeldt, D., Edwards W. (1986), *Decision Analysis and Behavioural Research*, Cambridge University Press: Cambridge.
- [343] Vujošević, M., (1996), "Primena teorije pouzdanosti u analizi rizika", Međunarodna konferencija „*Tehnički sistemi i sredstava zaštite od požara, eksplozija, havarija i provala*“, Dunav Preving, Beograd.
- [344] Vukićević, S., Vidović, M., (1995), Mogućnosti optimizacije ulaganja u preventivu i interes osiguravajućih kompanija za ta ulaganja, *Preventivno inženjerstvo*, godina III, broj 1, Dunav Preving, 5-14.
- [345] Waite. E.J., (1997), "AiT - Advanced Information Technology for Design and Manufacture", In: *Enterprise Engineering and Integration: Building International Consensus*, (eds. Kosanke. K., Nell, J.G.), Springer-Verlag, Berlin, pp. 256-264.
- [346] Walker, G.H., Stanton, N.A., Salmon, P.M., Jenkins, D.P., (2008), A review of sociotechnical systems theory: A classic concept for new command and control paradigms, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, vol. 9, no.6, pp. 479-499.
- [347] Wallace, D.P., (2007), *Knowledge Management: Historical and Cross-Disciplinary Themes*, Libraries Unlimited, pp. 1–14.

- [348] Wasson C.S., (2006), *System Analysis, Design and Development: Concepts, Principles and Practices*, John Wiley & Sons, pp. 17-25.
- [349] WAWTI, (2011) *Ris related definitions* (part II), The World Association for Waterbourne Transport Infrastructure, Piac, ISBN: 9782872231928.
- [350] Wenger, E., (1998), *Communities of practice*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [351] Wenger, E., McDermott, R., Snyder, W., (2002), *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*, Boston, MA: Harvard Business School Press, pp. 39.
- [352] Wenger, E., Snyder, W., (2000) Communities of practice: The organizational frontier, *Harvard business review*, pp. 139-145.
- [353] Wiener, N., (1965), *Cybernetics: or the control and communication in the animal and the machine*, second edition, Cambridge, MA:MIT Press.
- [354] Williams. T.J., (1994), The Purdue Enterprise Reference Architecture, *Computers in Industry*, vol. 24, no. 2-3, pp. 141-158.
- [355] Wilpert, B., (2000), "Organizational factors in nuclear safety", In: Kondo, S., Furuta, K. (Eds.), *PSAM*, vol. 5, Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan, pp. 1251–1265.
- [356] Woods, D.D., (2006), "Essential characteristics of resilience", In: *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*, Ashgate, Aldershot.
- [357] Woods, D.D., (2009), Escaping failures of foresight, *Safety Science*, vol. 47, pp. 498–501.
- [358] Wreathall, J., (2006), "Properties of resilient organizations: an initial view", In: *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*, Ashgate, Aldershot.
- [359] Wreathall, J., (2009), Leading? Lagging? Whatever!, *Safety Science*, vol. 47, pp. 493–494.
- [360] Wreathall, J., Fragola, J., Appignani, P., Burlile, G., Shen, Y., (1990), *The Development and Evaluation of Programmatic Performance Indicators Associated with Maintenance at Nuclear Power Plants: Main Report*, NUREG/CR-5436, SAIC-90/1130, vol. 1, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [361] Wu, J.S., Apostolakis, G., Okrent, D., (1991), "On the inclusion of organization and management factors into probabilistic safety assessments of nuclear power plants", In: *Proceedings of the International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM)*, Elsevier Science Publishing Co., NY, USA, pp. 619–624.



- [362] Xiao, Y., Lasome, C., Moss, J., Mackenzie, C.F., Faraj, S., (2001), "Cognitive Properties of a Whiteboard: A Case Study in a Trauma Centre", In: *Proceedings of the 7th European Conference on Computer-supported Cooperative Work*, pp. 259-278.
- [363] Xu, R.,(2000), Fuzzy least square priority method in the analytic hierarchy process, *Fuzzy Sets and Systems*, pp. 395-404.
- [364] Yen, M. Y., (1993), Using Grey Relational Analysis to Study the Defense and Offense Techniques and Establishment of Training Goal for Ku-Tai Basketball Team, *Physical Education and Sport*, 88, pp. 38-45.
- [365] Yoon, K., (1987), A reconciliation among discrete compromise situations, *Journal of Operational Research Society*, vol. 38, pp. 277–286.
- [366] Yoon, K.P.; Hwang, C. (1995). *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*, California: SAGE publications.
- [367] Youngblood, R.W., Hunt, R.N.M., Schmidt, E.R., Bolin, J., Dombek, F., Prochnow D., (1999), *Elements of an Approach to Performance-Based Regulatory Oversight*, NUREG/CR-5392, SCIE-NRC-373-98, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.
- [368] Yu, L., Lai, K.K., (2011), A distance-based group decision-making methodology for multi-person multi-criteria emergency decision support, *Decision Support Systems*, vol. 51, no. 2, pp. 307-315.
- [369] Yu, J., Liu, Y., (2012), Prioritizing highway safety improvement projects: A multi-criteria model and case study with Safety, *Safety Science*, vol. 50, no. 4, pp. 1085-1092.
- [370] Zadeh, L., (1979), *A theory of approximate reasoning*, Halstead Press, New York.
- [371] Zavadskas, E.K., Zakarevicius, A., Antucheviciene, J., (2006), Evaluation of Ranking Accuracy in Multi-Criteria Decisions, *Informatica*, vol. 17, no. 4, pp. 601–618.
- [372] Zheng, G., Zhu, N., Tian, Z., Chen, Y., Sun, B., (2012), Application of a trapezoidal fuzzy AHP method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments, *Safety Science*, vol. 50, pp. 228–239.

## **БИОГРАФИЈА АУТОРА**

Мр Горан Љ. Јанаћковић, дипломирани инжењер електротехнике за рачунарску технику и информатику, рођен је у Нишу. Живи и ради у Нишу. Држављанин је Републике Србије. Српске је националности.

Основну школу „Ратко Вукићевић“ и гимназију природно-математичког смера „Бора Станковић“, завршио је у Нишу са одличним успехом, као носилац Вукове дипломе. На Електронском факултету Универзитета у Нишу завршио је основне студије (смер Рачунарска техника и информатика) и магистарске студије (област Рачунарство и информатика). Завршио је школовање за резервне официре војске Србије и Црне Горе (род Ваздушно осматрање и јављање), поставши официр у чину потпоручника.

Био је учесник обука Државног Универзитета у Мичигену (Michigan State University) из области заштите животне средине (Environmental Chemistry and Engineering) и заштите на раду (International Environmental and Occupational Health Management Systems). Завршио је Cisco Network Academy обуку за администрирање мрежа, и похађао је докторантски курс посвећен управљању ванредним ситуацијама и рачунарској подршци у ванредним ситуацијама (“From Vulnerability to Resilience in Disaster Risk Management”).

Још у току трајања основних студија, радио је као програмер на више пројеката мултинационалних компанија, преводилац Компјутер библиотеке специјализован за превођење стручне литературе из области рачунарства и информатике, као и сарадник рачунарских часописа (Свет Компјутера и Digital).

На Факултету заштите на раду у Нишу радио је као програмер на рачунару, ангажован на пословима администрирања и одржавања рачунарске мреже и веб странице Факултета.

У оквиру наставног рада, од 2005. године, је ангажован као сарадник у звању асистента на Факултету заштите на раду у Нишу, а изводио је вежбе из предмета „Основи рачунарске технике“, „Математичко моделирање“, „Планирање и програмирање мера заштите на раду“ и „Планирање и програмирање мера заштите од пожара“ на основним студијама, „Рачунарска техника“, „Основи информационих технологија“ и „Информационе технологије у заштити“ на основним академским студијама, „Системско инжењерство“, „Теорија одлучивања“, „Информационо комуникационе мреже“, „Информационе технологије у заштити“ и „Информациони системи у заштити“ на дипломским академским (мастер) студијама.

У оквиру научно-истраживачког рада учествовао је на седам пројеката ресорних министарстава и једном пројекту који је финансиран у оквиру Националног инвестиционог програма (НИП). Тренутно је ангажован на два пројекта из интегралних и интердисциплинарних истраживања (области: информатика и енергетска ефикасност).

На Факултету заштите на раду у Нишу учествовао је у раду Катедре за теорију система и ризика, Катедре за теорију пожара и експлозије и Катедре за превентивно инжењерство, а тренутно учествује у раду Катедре за системско инжењерство безбедности и ризика.

Члан је Лабораторије за мониторинг животне средине и енергетску ефикасност Факултета заштите на раду у Нишу.

Учествовао је у изради новог студијског програма и акредитацији Факултета заштите на раду као члан радне групе за сачињавање документације за акредитацију студијских програма првог и другог степена на Факултету заштите на раду у складу са стандардима акредитације. Био је члан Комисије за обезбеђење и континуирано унапређење квалитета на Факултету заштите на раду у Нишу, радне групе за развој програма учења на даљину и радне групе за покретање научно-стручног часописа на Факултету заштите на раду у Нишу, као и представник сарадника Факултета заштите на раду у Нишу у Наставно-научном већу Факултета на период од једне године.

Био је члан организационих одбора научног скупа са међународним учешћем “Човек и радна средина – управљање ванредним ситуацијама”, односно “Националне конференције о образовању за заштиту радне и животне средине”. Помагао је у реализовању “ТРЕНБ – short Course: Environmental Chemistry and Engineering” курса, односно учествовао у припремама студената за Заштитијаде (сусрете студената екологије и заштите животне средине).

Члан је међународних удружења IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), ACM (Association for Computing Machinery) и B.EN.A. (Balkan Environmental Association).

Горан Љ. Јанаћковић влада енглеским и немачким језиком.

## ОДАБРАНИ РАДОВИ АУТОРА ИЗ ОБЛАСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Janačković, G., Savić, S., Stanković, M., (2013), "Selection and ranking of occupational safety indicators based on fuzzy AHP: Case study in road construction companies", *S.A. Journal of Industrial Engineering*, 24(3), pp. 175-189.
2. Janačković, G., (2013), "Delphi-Fuzzy AHP Ranking of the Occupational Safety Community of Practice Performance Indicators", *Journal of Management and Marketing*, 1 (1), pp. 9-16.
3. Janačković, G., (2013), "Factors influencing efficient integration of safety systems", V. Conf. Human And Social Sciences at the Common Conference, Slovakia, pp.13-17.
4. Janačković, G., Stanković, M., Savić, S., (2012), "Communities of practice for safety", in Proc. of the 3rd International Conference Life Cycle Engineering and Management ICDQM-2012, Belgrade, Serbia, pp. 179-185.
5. Janačković, G., Savić, S., Stanković, M., (2011), "Multi-criteria decision analysis in occupational safety management systems", *Safety Engineering – Journal for scientists and engineers*, 1 (1), University of Nis, Faculty of occupational safety, pp. 17-23.
6. Јанаћковић, Г., Савић, С., Станковић, М., (2011), "Фактори, перформансе и индикатори перформанси заштите на раду", 8. Национална конференција са међународним учешћем "Заштита на раду у 21. веку – теорија и пракса", Тара, 293-297.
7. Savić, S., Janačković, G., Stanković, M., (2011), "Maintenance strategy selection based on hybrid AHP-GP model", In Proc. of the XVI Conference Series on Man and working environment – "Safety of technical systems in living and working environment" STS 2011, Nis, pp. 113-119.
8. Janačković, G., Savić, S., Stanković, M., (2011), "Safety Performance Indicators in Organizational Safety Management Systems", In Proc. of the 2nd International Conference Life Cycle Engineering and Management ICDQM-2011, Belgrade, Serbia, pp. 131-139.
9. Јанаћковић, Г., Савић, С., Станковић, М., (2010), "Животни циклус заштите и управљање знањем", Зборник радова конференције "Електронско учење на путу ка друштву знања", Универзитет Метрополитан, Београд, 89-94.

10. Савић, С., Станковић, М., Јанаћковић, Г., (2010), “Системска анализа, управљање знањем и интерактиван тимски рад“, Зборник радова конференције “Електронско учење на путу ка друштву знања“, Универзитет Метрополитан, Београд, 95-100.
11. Јанаћковић, Г., Савић, С., Станковић, М., (2010), “Функционална интеграција и интерактивни тимски рад“, Зборник радова 50 година организоване заштите у Србији, Ниш, 2010, 187-194.
12. Јанаћковић, Г., Савић, С., Станковић, М., (2010), “Safety Lifecycle and risk assessment“, In Proc. Of the 1st International Conference Life Cycle Engineering and Management ICDQM-2010, Belgrade, Serbia, 255-261.
13. Јанаћковић, Г., Станковић, М., (2003), “Системи за подршку одлучивању у оцени професионалног ризика“, Оцена професионалног ризика – теорија и пракса, Ниш, 69-72.



Прилог 1.

## ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом  
Модели управљања интегрисаним системом заштите засновани на интерактивном  
тимском раду

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација, ни у целини, ни у деловима, није била предложена за добијање било које дипломе, према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени
- да нисам кршио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину других лица.

У Нишу, 09.02.2015.

Аутор дисертације:

Јанаћковић Горан

Потпис докторанда:

Горан Јанаћковић



Прилог 2.

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ  
ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Име и презиме аутора:

Горан Јанаћковић

Студијски програм:

Заштита радне и животне средине

Наслов рада:

Модели управљања интегрисаним системом заштите засновани на интерактивном тимском раду

Ментор:

Сузана Савић

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације истоветна електронској верзији, коју сам предао/ла за уношење у **Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 09.02.2015.

Аутор дисертације:

Јанаћковић Горан

Потпис докторанда:

Горан Јанаћковић



Прилог 3.

### ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку "Никола Тесла" да, у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, унесе моју докторску дисертацију, под називом:

Модели управљања интегрисаним системом заштите засновани на интерактивном тимском раду

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство – некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

У Нишу, 09.02.2015.

Аутор дисертације:  
Јанаћковић Горан

Потпис докторанда:

Горан Јанаћковић