

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустријски инжењеринг

Предмет: Производни системи

Број индекса: 183/2014

Ђорђе Н. Милићевић

Значај алата за анализу узрока нежељених појава у производном систему

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доц. др Александар Алексић

2. _____

3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да: а) објасни значај алата за анализу узрока нежељених појава у производном систему, б) представи одабране алате који подразумевају анализу утицаја сила, дијаграм стабла отказа и дијаграм рибље кости на којем се заснива предлог менаџмент активности које треба да се предузму у циљу њиховог отклањања. Такође, од кандидата се захтева да представи примере из праксе и да на основу представљених примера изведе закључна разматрања.

Препоручена литература:

[1]Славко Арсовски, Миодраг Лазић. Водич за инжењере квалитета, Машински факултет у Крагујевцу, Центар за квалитет, Крагујевац 2010.

[2] Славко Арсовски, Менаџмент процесима, Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац 2006.

[3]Миодраг Лазић, Алати, методе и технике унапређења квалитета, Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет у Крагујевцу, Центар за квалитет, Крагујевац 2006-

Крагујевац, 2018.

Ментор:

Доц. др Александар Алексић

Садржај

1. Увод.....	6
2. Теоријске основе и домен примене.....	7
2.1. Анализа стабла отказа.....	7
2.1.1. Симболи стабла отказа.....	9
2.2. Анализа поља сила	10
2.3. Дијаграм рибље кости	12
3. Поступак израде одабраних алата за анализу узрока нежељених појава у производном систему	15
3.1. Поступак израде анализе стабла отказа.....	15
3.2. Поступак израде анализе поља сила.....	18
3.3. Поступак израде дијаграма рибље кости.....	19
4. Практичани примери одабраних алата	22
4.1. Практичан пример анализе стабла отказа	22
4.2. Практичан пример анализе поља сила	27
4.3. Практичан пример дијаграма рибље кости	29
5. Закључак	32
Литература.....	33

Резиме

Кроз овај рад приказана је основна теорија метода за управљање развојем производа. Приказане су методе анализе стабла отказа, анализа поља сила и дијаграм рибље кости. Дати су начини примене у пракси и то како изгледа процес креирања ових модела. У задњем поглављу рада дати су практични примери из индустрије који описују како се ове методе реализују у различитим видовима индустрије и како побољшавају пословање.

Кључне речи: *управљање, развој, стабло отказа, поље сила, рибља кост.*

Abstract

Through this work, the basic theory of managing the product development method is presented. They are shown by the method of fault tree analysis, the force field analysis and the fishbone diagram. Practical methods have been given and how the process of creating these models looks. In the last chapter of the paper, practical examples from industry are given that describe how these methods are implemented in different types of industry and how they improve the business.

Keywords: *management, development, failure tree, field strength, fishbone.*

1. Увод

Системи који служе за остваривање циљева производње називају се производни системи. То је скуп различитих елемената увезаних тако да као целина могу дати бољи резултат производње него што би их дали њихови делови самостално. Тешко је направити границу било којег производног система јер је, у принципу, сваки систем састављен од подсистема али је истовремено и део неког већег система. Производни систем обухвата скуп технолошких система и других техничких, информационих и енергетских структура који на одређен начин обезбеђују извршавање постављених циљева производног процеса.

У склопу сваког производног система, могуће је јављање грешака и проблема који могу лоше утицати на саму производњу и компанију. Из тог разлога, неопходно је осмислити адекватне методе које могу да доведу до превенције при настајању проблема и до решавања самог проблема.

Сви модели управљања квалитетом (QMS, TQM и др.) захтевају стално мерење и побољшање квалитета. Примењени алати, технике и методе мере карактеристике квалитета производа, процеса или система уз дефинисање акција за њихово побољшање. Тако су алати и технике постављени да врше две функције и то:

- Да мере тренутне перформансе предмета мерења (процеса, система, производа, услуге, активности и др.)
- Да резултат коришћења примењених метода резултује мерама унапређења.

У теорији квалитета постоји велики број алата, метода и техника за побољшање квалитета при чему се саме методе и технике могу поделити у неколико категорија, од којих су најлогичније поделе на:

- Статистичке методе које примењују математичку статистику у анализи и интерпретацији бројчаних (квантитативних) показатеља;
- Менаџмент технике које захтевају анализу квалитативних (небројчаних) показатеља.

Методе за побољшање производње, квалитета и превенције грешака које су описане у овом раду су:

- Анализа стабла отказа,
- Анализа поља сила и
- Дијаграм рибље кости.

За сваку од ових метода дате су теоријске основе, како се користе и пример из праксе.

2. Теоријске основе и домен примене

2.1. Анализа стабла отказа

Грчки филозоф Аристотел, је око 330. године пре нове ере дао предлог да логична изјава може бити или истинита или лажна, али никад делимично истинита или делимично лажна. Пре више од 100 година, у својој књизи под насловом "Испитивање закона мисли", Џорџ Бул је развио математички систем који укључује логику. Овај систем се сада зове Булова алгебра. За разлику од обичних, варијабле алгебре које могу да преузму бесконачан број вредности, варијабле у Буловој алгебри могу имати само једну од две различите вредности. Средином 1950-их, телефонска лабораторија Бел је почела да развија концепт стабла отказа а конструишући логички дијаграм користећи Аристотелов предлог и Булову алгебру са циљем да означи различите догађаје који доводе до нежељеног резултата. Године 1962. Бел објављује извештај о систему контроле помоћу анализе стабала отказа. Од тада се користе стабла отказа за анализу сигурности и поузданости једноставних или веома комплексних система[1].

Стабло отказа је логички дијаграм заснован на изјавама које су истините или лажне, отворене или затворене, добре или лоше, присутне или одсутне, итд. Стабло отказа служи за идентификацију догађаја на основу мањих догађаја који доприносе до датог завршног догађаја. Булова алгебра се користи за изражавање броја различитих догађаја (појединачно или комбиновано) које доводе до краја неког догађаја.

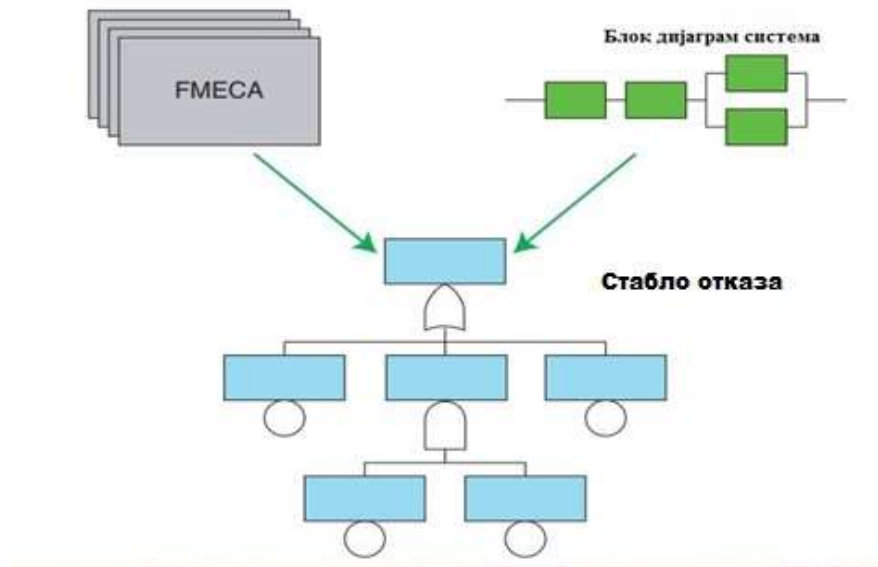
Иако није једина метода анализе, анализа стабла отказа је препозната као један од најадекватнијих аналитичких алата. Пре него што се започне анализа стабла отказа, апсолутно је неопходно да систем буде аналитички разумљив. Један од најбољих начина осигуравања, да разумевање функционисања система буде изнето у хронолошком реду, је кроз низ догађаја који воде ка успеху. Ова листа би требала бити потпуна, без изостављања икаквог дела операције.

Редослед успешне листе догађаја даје се у наративној форми. Затим се прави блок дијаграм успешних догађаја. Унутар сваког блока је дат опис једног догађаја. Опис се састоји од субјекта, глагола и понекад објекта. Блокови бивају спојени заједно серијски или паралелно или комбинацијом ове две методе, а у складу са начином функционисања система. Метод конструкције блок дијаграма најбоље се може разумети проучавањем информативних дијаграма. Стабло отказа идентификује различите секвенце догађаја који резултују откривањем отказа и нерегуларности које могу да угрозе људе или материјал. Пре цртања стабла отказа, бира се неисправност која се истражује. Ставка може бити неуспешна на неколико различитих начина, па је неопходно да је стабло отказа јасно означи као ситуацију или догађај под истрагом.

Анализа стабла отказа (ФТА) је приступ анализи неуспеха, почев од потенцијалног нежељеног догађаја (несреће) који се назива и кључни догађај, до одређивања свих начина на који се он може догодити. Анализа се наставља утврђивањем начина на који је кључни догађај узрокован, тј. појединачним или комбинованим неуспесима или догађајима нижег нивоа. Узроци кључних догађаја су повезани преко логичких врата.

Полазна тачка овог процеса анализе је формирање или анализа већ постојећег блок дијаграма система и *FMECA* анализа (eng. Failure mode, effects and criticality analysis - режим грешке, њених ефеката и анализа критичности) што је приказано на слици 1. Ово уједно и представља суштински први корак при разумевању система.

Дизајн, рад и окружење система морају бити процењени и узети у обзир. Везе узрока и последица, који воде до кључног догађаја морају бити идентификоване и јасне.



Слика 1. Графички приказ формирања стабла отказа

При формирању стабала, у обзир се морају узети разни фактори, који се тичу:

- Физичких граница система (Који су делови система укључени у анализу, а који делови нису?)
- Почетних услова (Који је оперативни статус система када се догоди кључни догађај?)
- Граничних услова у односу на спољне факторе (Које врсте екстерних фактора треба укључити у анализу - рат, саботажа, земљотрес, муња, итд.)
- Нивоа одлучности (Колико детаљна треба да буде анализа?)

Дефинисање кључних догађаја, један је од најважнијих корака при овој анализи. Догађаји морају бити исказани на јасан и недвосмислен начин. Требало би увек дати одговор на питања (за то је дат пример избијања ватре):

- Шта се десило ? - "Десило се избијање ватре."
- Где ? - "У оксидационом реактору."
- Када ? - "У току нормалног рада".

2.1.1. Символи стабла отказа

При анализи стабла отказа користе се разни графички симболи, који означавају различите ствари. Они се могу поделити у 3 групе симбола, прва група се означава као група симбола за догађаје, друга за симболе капије а трећа за симболе преноса.

Символи за догађаје

У табели 1. приказани су симболи за догађаје анализе стабла отказа[3].

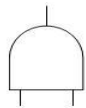
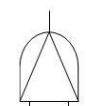
	Базични догађај; базична, иницирајућа неисправност или нерегуларност, која не захтева даље развијање и анализу.
	Неразвијени догађај; догађај који није даље развијен или зато што за тим нема превелике потребе или зато што за њега не постоји адекватна расположива информација.
	Спољашњи догађај; догађај за који се нормално очекује да ће се десити због пројекта и нормалних услова рада.
	Посредни догађај; догађај отказали нерегуларности, који се дешава зато што су један или више претходних догађаја активирали логичко коло.

Табела 1. Символи за догађаје

У датој табели су илустративно представљени симболи за догађаје анализе стабла отказаи сваки симбол је појединачно описан шта представља.

Симболи за капије (логичка кола) и пренос

У табели 2. су представљени симболи за капије (логичка кола) и пренос.

	И - неисправност на излазу ће се десити ако се десе све неправилности на улазу.
	ИЛИ - отказана излазу ће се десити ако се догоди бар једна неправилност на улазу.
	Ексклузивно ИЛИ – неисправност на излазу ће се десити ако се деси тачно једна неисправност на улазу.
	Приоритетно И – неисправност на излазу ће се десити ако се све отказана улазу десе у специфичној секвенци.
	Симболи за пренос , који повезују симболе улаза са симболима излаза и обратно.

Табела 2. Симболи за капије (логичка кола) и пренос

У претходној табели, дати су симболи који представљају капије, који служе за повезивање битних догађаја, приликом анализе стабла отказа и симболи који служе за пренос. Сваки симбол има своју слику и појединачно објашњење. У поглављу 4 је детаљно приказана практична употреба ове методе.

2.2. Анализа поља сила

Анализа поља сила је метода за решавање проблема који има намену да промени догађаје који могу да се десе. Први пут је коришћена за време Другог светског рата од стране Курт Левина (Kurt Lewin) професора са Ајова универзитета. Левин је осмислио методу посматрајући особине кућних помоћница јер је увидео да оне чешће купују одређене врсте мяса као што су одресци, печење или хамбургер, а не друге као што су јетра и језик. Америчка влада финансирала је истраживање Левина у нади да ће доћи до разумевања зашто долази до оваквих догађаја и како је могуће утицати на њих да се они не десе. Својим истраживањима Левин је осмислио методу под називом анализа поља сила којим је успео да реши проблем[9].

Анализа поља сила представља “борбу снага” односно борбу између фактора који могу да утичу да дође до промене и фактора који негативно утичу на промене. Анализа поља сила идентификује проблеме и факторе који утичу на њих и олакшава њихово решавање. Пошто се ова метода ради тимски, цео тим учествује у осмишљању начина на који се проблем решава и како је могуће ојачати позивне факторе и ослабити негативне[9].

Левин је увидео да за анализу поља сила постоје три начина решавања:

- Повећање позитивних фактора,
- Смањење негативних фактора и
- Подједнако повећање позитивних и смањење негативних.

Левин сугерише да је најбољи начин да се изврши циљ смањење негативних фактора, јер се на тај начин често повећавају позитивни фактори.

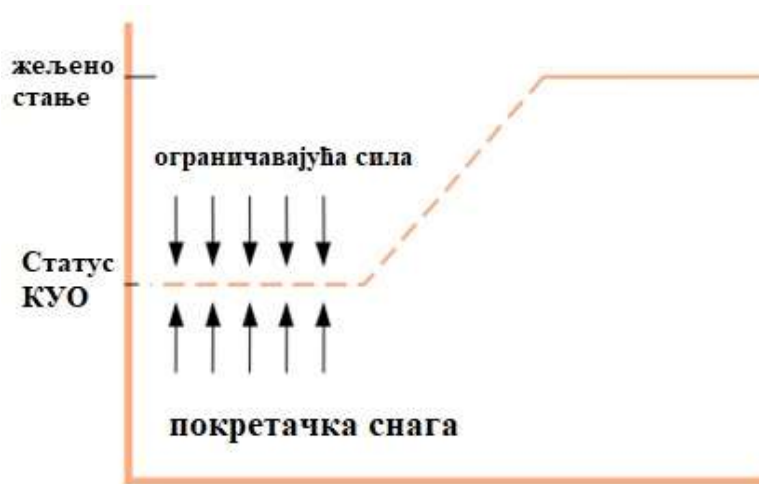
Предности анализе поља сила су:

- Приказује све могуће опције који могу да допринесу решавању проблема,
- Идентификује потребне ресурсе за решавање,
- Помаже при разумевању последица одређених дешавања и
- Смањује негативне утицаје на решавање проблема.

Недостаци анализе поља сила:

- Метода се заснива на субјективном мишљењу учесника,
- Преуопштавање веза између фактора,
- Могућност за пропуст приликом идентификовања проблема.

На слици 2. приказана је анализа поља сила.



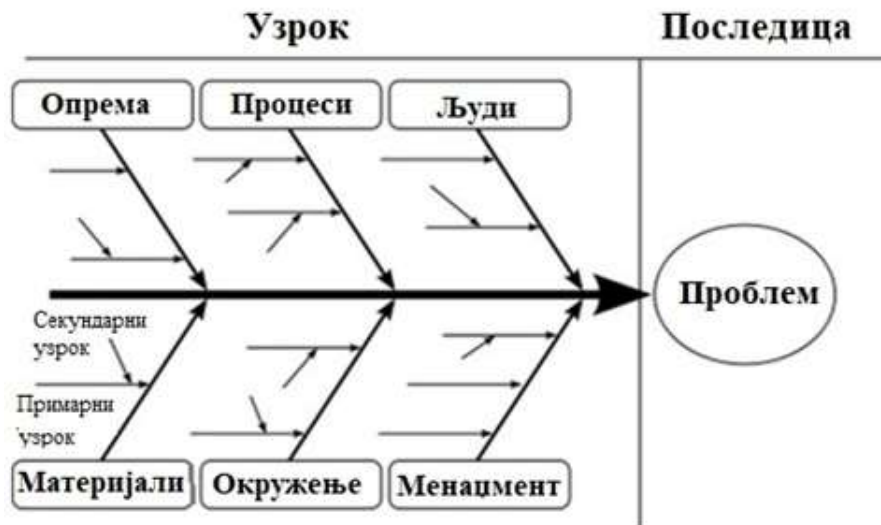
Слика 2. Анализа поља сила[9]

Дефиниција методе анализе поља сила је: Метода анализе поља сила је метода која служи да уз минималне трошкове доведе до одлучивања о томе који фактори могу да реше одређени проблем у компанији[9].

Пример који је Левин пробао да уведе лоше се показао у пракси. Пре свега његовим примером показао је да није најједноставније утицати на мишљења испитаника. Није успео да утиче на то да се на основу испитаних помоћница формира производ који би највише одговарао јер су кућне помоћнице наставиле да купују искуствено.

2.3. Дијаграм рибље кости

Дијаграм рибље кости је метода помоћу које се може извршити идентификација, разврставање и приказивање могућих узрока проблема. Овај дијаграм је изумео Каоо Ishikawa, стога се још назива и Ishikawa дијаграм. Дијаграм графички приказује релације између одређене последице и свих фактора који на њу утичу. На слици 3. је приказана структура алата која се састоји из „кичме“ и неколико грана, подсећајући на рибљи скелет. Управо из тог разлога, метода има назив дијаграм рибље кости.



Слика 3. Структура дијаграма рибље кости

Овај дијаграм се углавном користи у циљу побољшања и унапређења пословних процеса у предузећу. Основне карактеристике ове методе су[18]:

- јасан визуелни приказ могућих узрока појаве која је предмет посматрања и последице њиховог дејства,
- обезбеђује могућност анализе међусобног односа појединих узрока, њиховог значаја за посматрану последицу, као и места у укупној структури могућих узрока (један узрок се може јавити у више различитих група узорака),
- везе узрока и последице су, у општем случају, квалитативног и хипотетичког карактера и служе као подлога за ефикасније решавање проблема неком другом, одговарајућом методом.

Приликом разатрања потенцијалних узрока, врши се груписање у главне категорије и подкатогије, најчешће помоћу принципа 4М. Фактори који се разматрају према овом принципу су:

- man – човек,
- machine – машина,
- material – материјал,
- method – метода.

Уколико се структури која је заснована на принципу 4М додају категорије:

- management – менаџмент,
- measure – мера,
- milieu – средина (окружење)

Долази до трансформације у структуру која се базира на принципу 7М. У непроизводним делатностима се чешће користи структура која се израђује помоћу методе 4П. Фактори који се проучавају према овој методи јесу:

- policies – пословна политика,
- procedures – поступци,
- people – људи,
- plant – пословни простор.

Узроци се групишу у интервалу од 3 до 7 група које имају највећи утицај на проблем који се посматра и које захтевају одговарајуће мере. Ишикава дијаграм најчешће израђује тим стручњака који имају одговарајућа сазнања о проблему који се посматра и пожељно је да чланови буду различитих квалификација. Поред тога, могуће је да дијаграм изради појединац који има довољно знања и искуства.

Приликом тимског решавања одређеног проблема могу се јавити различита мишљења о основном узроку проблема. Дијаграм рибље кости омогућава да се прикупе идеје свих чланова и олакша тиму разматрање основних узрока проблема. Постоје одређене ситуације када је погодно користити дијаграм рибље кости, а то су:

- када треба анализирати и пронаћи основни узрок сложеног проблема,
- када постоји велики број могућих узрока проблема,
- ако традиционални начин приступа проблему захтева доста времена,
- када је проблем веома компликован и тим не може идентификовати основни узрок.

У следећим случајевима није пожељно користити дијаграм рибље кости јер се не добијају очекивани резултати:

- проблем је једноставан или је већ познат,
- величина тима је премала за brainstorming,
- постоји проблем комуникације међу члановима тима.

Коришћење методе, дијаграм рибље кости, има своје предности. Неке од њих су:

- израда дијаграма је једноставна,
- припремање дијаграма рибље кости обезбеђује образовање целом тиму,
- смањење материјалних трошкова,
- лакше управљање квалитетом,
- охрабрује активно учешће чланова тима и коришћење њихових знања о разматраном процесу,
- представља однос узрок-последича на уредан и лако читљив начин,
- подстиче тимски рад.

Поред предности, дијаграм рибље кости карактеришу и неки недостаци:

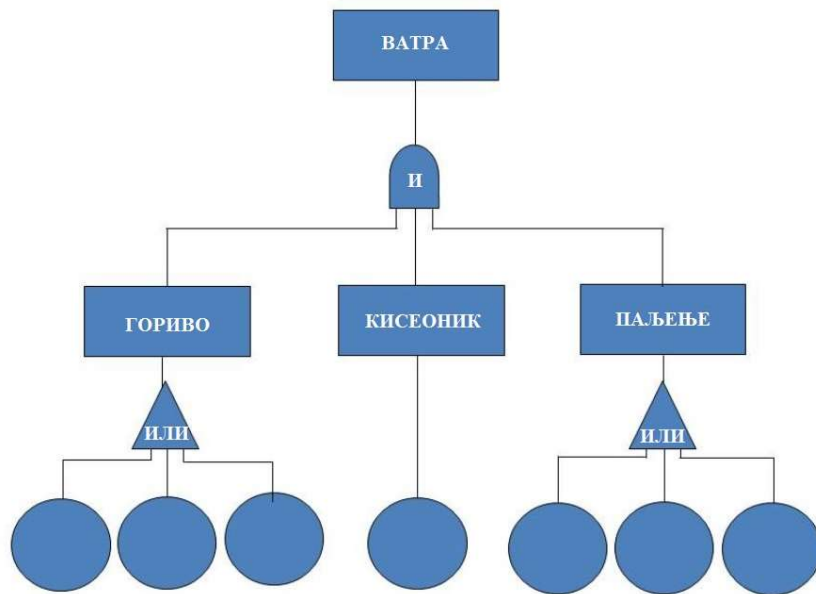
- код комплексних проблема јављају се тешкоће идентификовања узрока и непрегледност,
- потреба за применом других метода да би се дошло до решења проблема.

Дијаграм рибље кости је квалитативан алат који као своју коначну вредност не даје број који квантитативно описује проблем. Као резултат дијаграма рибље кости добијамо узроке који изазивају проблем, као и могуће узроке који узрокују конкретан узрок. На овај начин не добијамо вероватноћу или математички описиву вредност.

3. Поступак израде одабраних алата за анализу узрока нежељених појава у производном систему

3.1. Поступак израде анализе стабла отказа

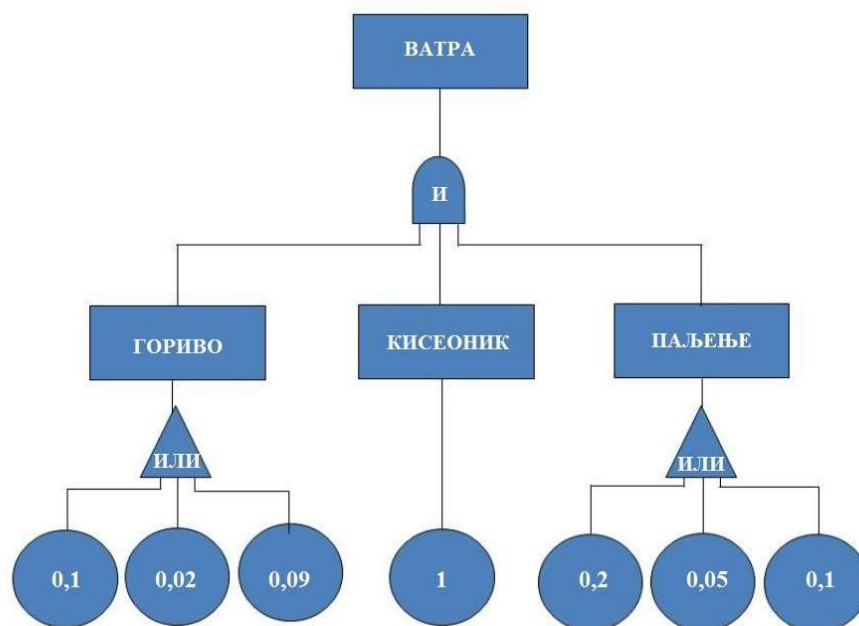
Шема дијаграма отказа креира се одозго надоле. Полазна тачка је нежељени догађај (назива се и "top event" јер се налази на врху дијаграма). Онда се морају логично уочити и нацртати тренутни услови, који доводе до овог догађаја. То би могло ићи у недоглед, па је неопходно зауставити се на неком кораку. Најбоље је разумети ову врсту анализе посматрањем поједностављеног дијаграма, који је наведен (Дијаграм 1)[2].



Дијаграм 1. Ватра као кључни догађај

Да би ватра настала морају бити присутна три фактора: гориво, кисеоник и извор паљења. За повезивање се користе "И" капије, јер сва три фактора морају бити присутна истовремено да би се омогућио кључни догађај. Пример показује да су присутна три могућа извора горива и три могућа извора паљења. Ситуација са "ИЛИ" примењује се у сваком случају, јер би било потребно само једно од њих да буде присутан. Пример такође показује јединствени извор кисеоника (нпр. атмосфера). Да бисмо спречили настанак губитка, прво ћемо испитати дијаграм за "И" капије. То је зато што се губитак може спречити ако се спречи само један од услова.

Стабла отказа такође могу бити квантификована. Дијаграму се додају информативне нумеричке вредности, које представљају вероватноћу да ће један од тих фактора бити присутан (Дијаграм 2.).



Дијаграм 2. Дијаграм са нумеричким вредностима вероватноће

Затим можемо користити два добро успостављена правила комбиновања ових вероватноћа и прогресије на дијаграму да би добили вероватноћу кључног догађаја (пожара). Вредности које се налазе испод "ИЛИ" капије се сабирају, а вредности испод "И" капије се множе. Дакле, у овом примеру, комбиновање вероватноћа према горе наведеном правилу даје:

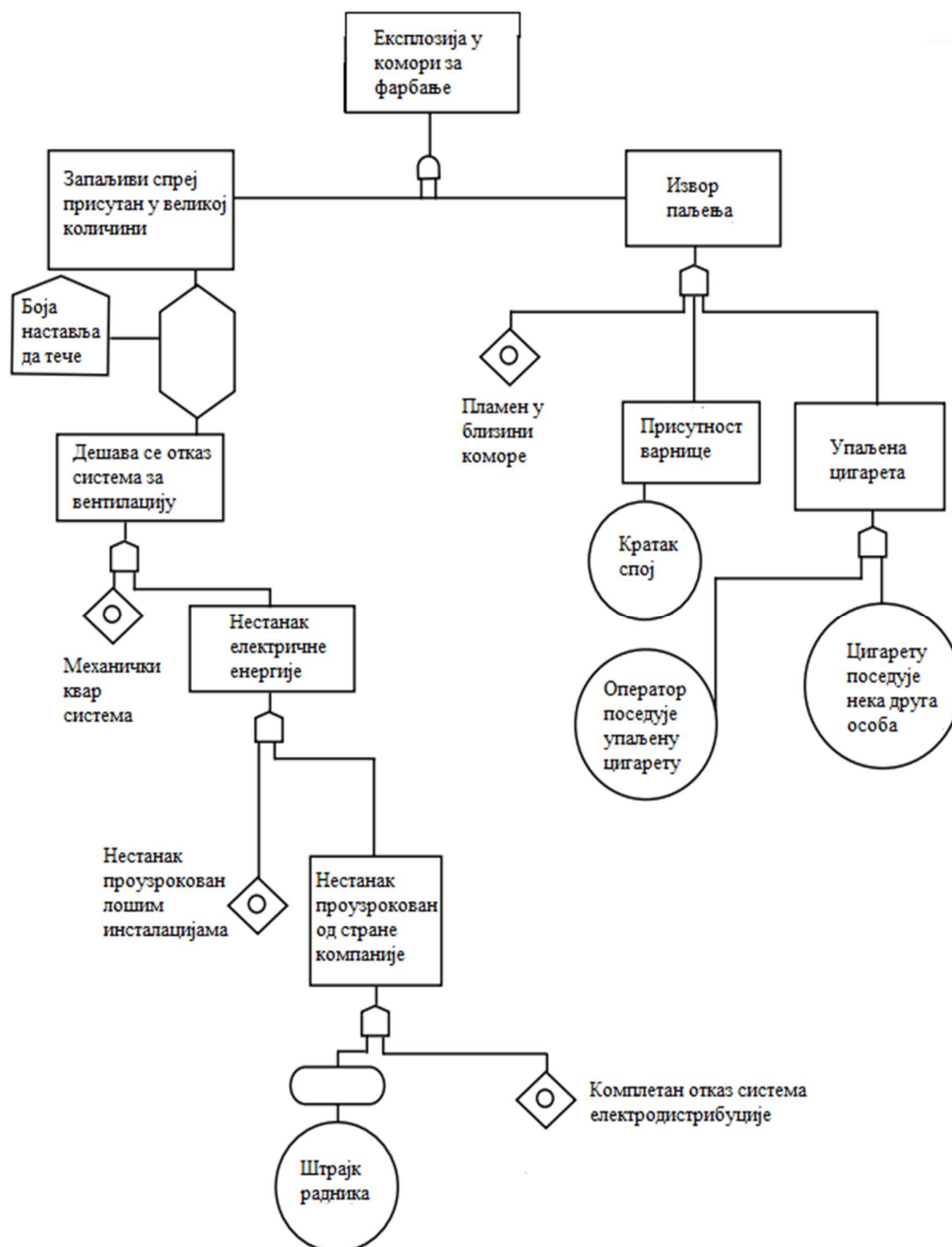
Вероватноћа присуства горива = $0,1 + 0,02 + 0,09 = 0,21$

Вероватноћа присутности кисеоника = 1

Вероватноћа присутности извора паљења = $0,2 + 0,05 + 0,1 = 0,35$.

Вероватноћа настајања ватре рачуна се тако што се вредности добијене у претходним изразима помноже, тј. $0,21 \times 1 \times 0,35 = 0,0735$. [2,4]

На Дијаграму 3. дат је пример експлозије у комори за фарбање, који се посматра као кључни догађај.



Дијаграм 3. Експлозија у комори за фарбање
као кључни догађај

На датом дијаграму представљен је комплекснији пример стабла отказа, који у обзир узима знатно више фактора од претходних графика, и самим тим представља реалнији пример ове методе [4].

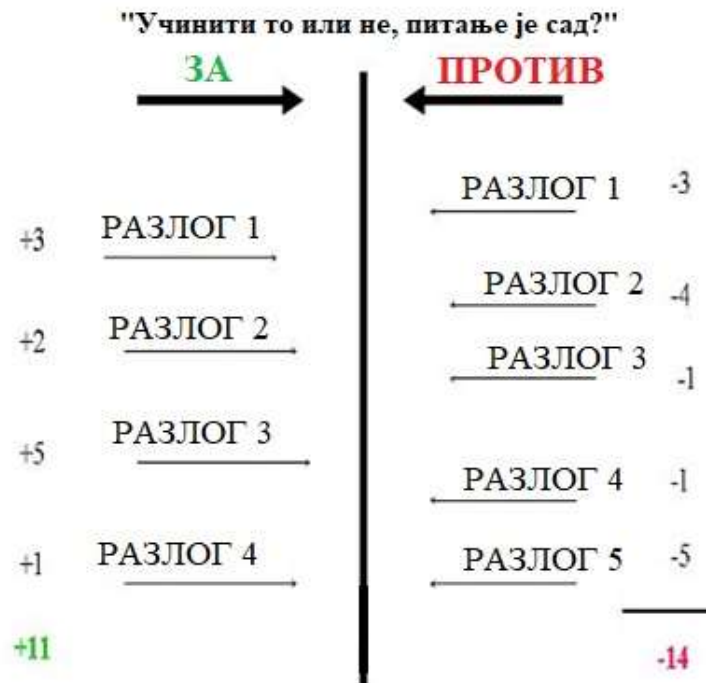
3.2. Поступак израде анализе поља сила

Да би се имплементирала метода анализа поља сила неопходно је спровести следећих 13 корака[5].

1. Организовати тимски састанак, релевантних људи, односно људи који учествују и воде пројекат. Главни део састанка је шаблон за анализу поља напона и дијаграм анализе поља сила.
2. На врху дијаграма налази се предлог промене која се анализира методом анализе поља сила.
3. На шаблон је такође потребно написати и сврху састанка и направити агенду да не би долазило до лутања од теме.
4. Након тога долази до дискусије о задатој теми. Са леве стране налазе се силе односно фактори који омогућавају и подржавају предлог. На десној страни налазе се фактори који онемогућавају или ограничавају предлог. За време дискусије неопходно је укључити и brainstorming методу ради боље дискусије и сврставања предлога на праву локацију.
5. Следећи корак је додељивање вредности сваком фактору. Вредности које се додељују иду од 1 до 5, где је 1 слаб утицај а 5 јак утицај.
6. Након тога потребно је искључити све факторе на које нико не може утицати, нити иједна промена не може довести до утицаја на тај фактор. Затим, поновити анализу свих фактора.
7. Затим је потребно одредити приоритете за решавање до следећег састанка, приоритети су фактори са вредностима од 3 до 5 и њих је потребно решити до следећег састанка.
8. Следећи корак је фокусирање на то да се ублаже или потпуно уклоне негативни фактори, уз осврт на трошкове тих акција.
9. Следеће је повезивање неопходних корака ка успешном остварењу постављених фактора. Такође, тада се учесницима у анализи додељују задаци које они морају да решавају.
10. Сви ови фактори морају да одговоре на то шта, ко, када где и зашто ради. У овом кораку такође је неопходно проверити компетенције сваког од учесника за решавање проблема. Затим све ово треба унети на дијаграм анализа поља сила.
11. Доделити појединцу место председавајућег на следећем састанку и доделити му задатак да прати успех осталих учесника и да их обавештава о роковима и успешности других.
12. Затим је потребно одредити време следећег састанка, дневни ред итд. На том састанку је потребно проверити предходни дијаграм анализе поља сила и поново га формулисати на основу досадашњих промена.

13. На новом састанку на дијаграму се мора повећати оцена фактора који позитивно утичу на идеју, и смањење негативних фактора. У колико то није случај неопходно је поновно поновити све кораке јер постоји грешка у раду.

На слици 4 приказан је дијаграм анализе поља сила.



Слика 4. Дијаграм анализа поља сила[5]

Анализа поља сила даје нам, за разлику од дијаграма рибље кости, могућност да математички представимо вредност узрока неког проблема. На овај начин можемо да направимо и математичко поређење, више идеја ка решавању неког проблема јер анализом поља сила добијамо бројну вредност да ли неко потенцијално решење има више позитивних или негативних поена.

3.3. Поступак израде дијаграма рибље кости

При изради дијаграма користи се brainstorming метода за прикупљање идеја. Према Ишикави, најбољи резултати постижу се радом у тиму који се састоји од 4 до 8 људи, при чему рад координира вођа који је одређен од стране менаџмент тима. Израда дијаграма се састоји из 6 корака:

1. дефинисање проблема,
2. идентификација узрока,
3. сортирање узрока по групама,
4. разрада дијаграма,
5. поступак ширења дијаграма,
6. анализа дијаграма.

1. Дефинисање проблема

Први корак се односи на дефинисање проблема који се анализира. У поступку дефинисања помаже brainstorming анализа. Проблем се представља графички: повлачи се стрелица с лева на десно, а на крају стрелице, у правоугаонику се уписује проблем који се посматра, остављајући са леве стране простор за уношење података (слика 5).



Слика 5. Дефинисање проблема

2. Идентификација узрока

Врши се поступак идентификације узрока који доводе до дефинисаног проблема. У овој фази препоручује се анализа резултата одржане Браинсторминг методе у првом кораку. Од значаја је да се не искључи ниједан узрок који у каснијој анализи може резултирати узрочно-последичном везом.

3. Сортирање узрока по групама

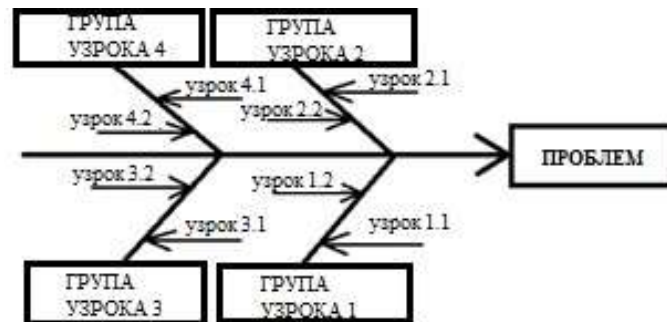
У трећем кораку се претходно идентификовани узроци разврставају у групе (слика 6). Препорука је да број група буде од 3 до 7, а узроци се класификују према 4М, 7М или 4П методи.



Слика 6. Сортирање узрока по групама

4. Разрада дијаграма

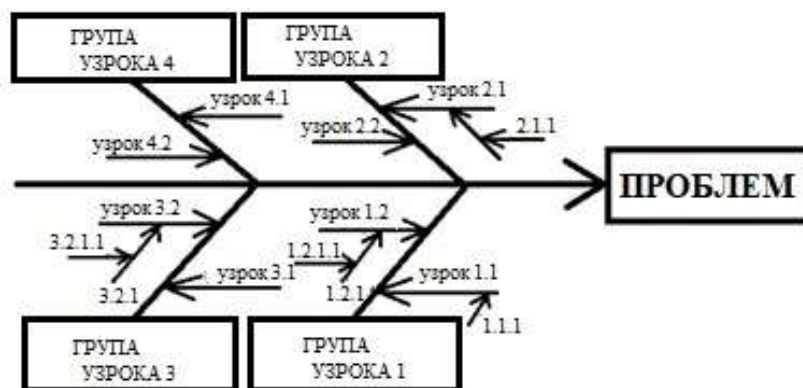
У овом кораку се са основним узроцима повезују узроци из тих група који се представљају бочним линијама (слика 7).



Слика 7. Разрада дијаграма

5. Поступак ширења дијаграма

Дефинишу се гране другог и трећег нивоа, односно траже се подузроци (слика 8). Подузроци се идентификују најчешће помоћу методе 5 ЗАШТО.



Слика 8. Поступак ширења дијаграма

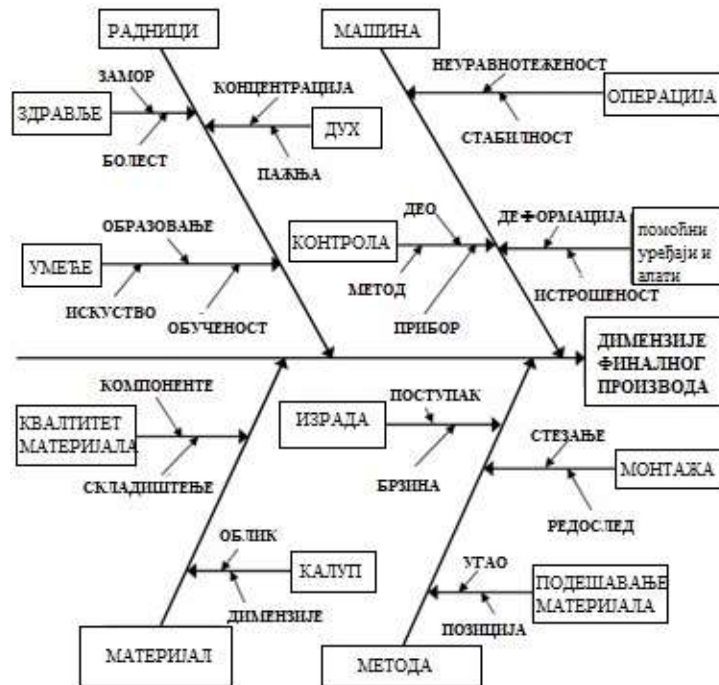
6. Анализа дијаграма

По завршетку израде дијаграма, приступа се анализи и то у два правца:

1. идентификовање највероватнијих узрока настанка проблема који се анализира,
2. идентификовање најкритичнијих узрока који могу изазвати најозбиљније проблеме.

Након израде дијаграма и идентификације узрока, врши се њихова детаљнија анализа и предлажу се одговарајуће мере.

На слици 9 је дат пример коначног дијаграма рибље кости који се односи на проблем димензија финалног производа.



Слика 9. *Пример дијаграма рибље кости*

4. Практичани примери одабраних алата

4.1. Практичан пример анализе стабла отказа

Практичан пример за методу анализе стабла отказа дат је на управљачком систему возила (слика 10).

Систем за управљање представља један од виталних система сложеног машинског система моторног возила. Заједно са системом за кочење и пнеуматичима има пресудан значај на безбедност моторног возила и људи у саобраћају.

Систем за управљање моторних возила има основни задатак да обезбеди кретање возила у жељеном правцу. Код возила на точковима систем за управљање, мора да обезбеди и следеће:

- лако управљање возилом, односно мале вредности силе на волану, при релативно малим угловима заокретања;
- велике маневарске способности возила, уз спонтано враћање управљачких тачкова по изласку из заокрета у њихов праволинијски положај;
- што мање преношења удара са управљачких тачкова на волан;
- правилну кинематику заокретања тачкова, односно што мање бочно клизање управљачких тачкова и
- одржавање пропорционалног односа силе на волану и момента који закреће управљачке тачкове, ради доброг "осећања" пута.



Слика 10. Систем за управљање у склопу управљачког моста

Код возила на точковима, систем за управљање се састоји из два основна подсистема:

- механизма за управљање (група вратила управљача),
- преносног механизма (група спона и полуга).

Према начину конструкционог извођења, механизми за управљање могу да буду са:

- зупчастим преносом (са цилиндричним или коничним зупчаницима, са зупчастом летвом или са пужним преносником),
- кулисним системом са једним или два прстена,
- завојницом и навртком,
- комбинованим преносником итд.

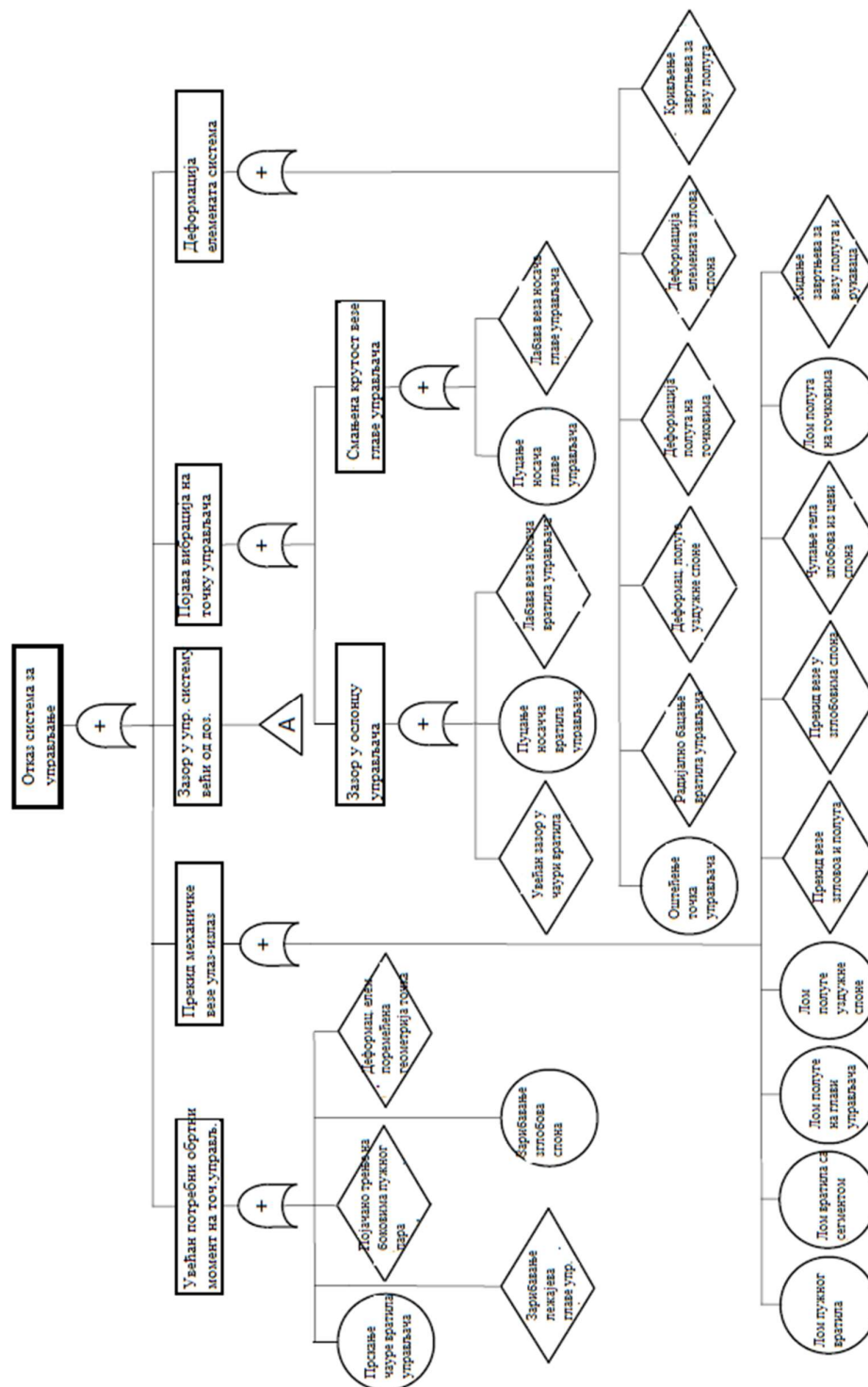
Због врло сложеног релативног померања елемената преносног механизма при управљању, сферни зглоб представља најпогоднију везу између елемената. При комплексној анализи поступка управљања моторним возилом, неопходно је разматрати сложени динамички систем "спољна средина - моторно возило - возач". Систем за управљање представља саставни део моторног возила, преко којег се управљачко дејство преноси на извршне органе - управљачке точкове. Спољна средина, преко својих утицајних фактора (временски услови, конфигурација терена, стање пута итд.), делује на кретање моторног возила. Стабилност аутомобила представља његову способност да се креће у различитим условима експлоатације по задатој трајекторији без клизања једног или више точкова и без превртања. Крутост система за управљање је временски променљива величина и зависи од конструкционог решења и од стања елемената система. Појава зазора услед хабања и лабавих веза елемената система за управљање директно се одражава на стабилност управљања.

Разлози због којих није могуће извршити мисију управљања могу да буду двојакe природе:

- спољашњи откази, који настају због непостојања одговарајућих услова за кретање и управљање ("откази" у околини у којој управљачки систем треба да изврши своју функцију), и
- унутрашњи откази, који настају због отказа самог система за управљање или отказа других система и елемената моторног возила, чији се утицај непосредно одражава на могућност управљања.

Могућност управљања моторним возилом зависи од могућности остварења бочне силе на управљачким точковима, односно од коефицијента приањања пнеума-тика. Вредност овог коефицијента зависи од стања и квалитета подлоге, притиска пнеуматика, радијалног оптерећења точка, шаре газећег слоја пнеуматика итд.

На слици 11. приказано је стабло отказа за вршни догађај "Отказ система за управљање" док је на слици 12. приказано независно стабло подотказа за вршни догађај "Зазор у систему за управљање већи од дозвољеног".



Слика 11. Стабло отказа за вршине догађај Отказ система за управљање

4.2. Практичан пример анализе поља сила

Рибарски систем се може ставити у поље сила. Сви аспекти управљања риболовом и рибарством су погођени овом силом и истовремено се изражавају у смислу ових сила (или димензија).

Поље силе састоји се од шест сила: екологија, култура, економија, политика, технологија и простор. Заједно стварају интегрисани систем. Силе нису неопходно везане за рибарство. Самозадовољно је да систем за рибарство континуирано утиче на општи развојни пут изван самог риболова.

Концептуално, могу се разликовати три врсте процеса, од којих свака утиче на систем риболова на свој начин:

1. Унутрашњи процес унутар једне димензије, нпр. у оквиру економских промена курса ће утицати на потражњу за рибом и самим тим и на цели систем рибарства.
2. Однос између једне силе и система рибарства, нпр. ефекти мера управљања риболовом на екологију.
3. Процеси између две или више сила који ће на крају утицати на систем рибарства, нпр. еколошка свест може довести до технолошког прилагођавања, која се затим примењује у рибарском систему (сортирне мреже, дрифт мреже итд).

Управљање рибарницом се може посматрати као део система за рибарство. Односи између шест сила и система рибарства су кратко представљени у наставку.

Екологија

Екологија у односу на рибарство може се тумачити као природни процеси који се односе на морске воде, на које утичу људске активности.

Рибарство се све више посматра као део екосистема. Општа правила која се примењују, као и приступ предострожности, такође ће утицати на рибарство. Свест друштва о људском утицају на екосистем ће се суочити са креаторима политике, као и рибарском индустријом са избора између рибе за рибаре и рибе за птице. Одрживост риболовних заједница у кратком року биће уравнотежена од еколошке исправности риболовних активности на којима се ове заједнице ослањају.

Нарочито у области екологије, научни докази могу пружити боље разумевање процеса који се тренутно одвијају, али то може бити сасвим недовољно за одлуке о политици.

Култура

Култура је апстракција, која се може описати као збир (не)формалних институција које стварају правила и норме за људске акције и дају овим акцијама значење. Термин институције треба широко тумачити. Можда су то појединци, групе појединаца, али и односи између њих.

Култура одређује које одлуке доносе појединце, као и институције. У погледу рибарске политике, култура је од изузетног значаја. Општи поглед на друштво, као и специфичан приступ рибара према поштовању правила ће утврдити напоре које ће влада морати извршити. Будући да политичка арена може одражавати такве културне ставове, намере ефикасне примене могу бити ослабљене недостатком уверења у његову изводљивост.

Рибари, као и креатори политике, подлежу културним утицајима свог времена. Стога, када процене намере политике управљања рибарством, питање треба да буде питање да ли облик и садржај политике у складу са политичком и културном окружењу у којем се реализује. Посебан пример је покушај CFP (Common Fisheries Policy) за административно регулисање излаза кроз ТАС квоте у иначе либералном тржишном окружењу.

Економија

Економија се може дефинисати као наука која се бави изборима у ситуацијама оскудице. Недостатак се изражава у смислу тржишних цена. Међутим, проблем је у томе што многа тржишта нису савршена и стога се цена не одражава стварно. Ово је нарочито везано за случај са рибарством, али и са многим другим производима везаним за животну средину.

У економској димензији, рибари су као и сви други предузетници. Они ће реаговати на подстицаје са тржишта или из политике. Они воде економске и неекономске циљеве који су подложни ограничењима и условима из целог подручја силе.

Економија се често сматра некомпатибилном са екологијом, али то је прилично контроверза између кратких и дугорочних разматрања. Економски резултати ће утврдити технолошки напредак (кроз инвестиције). Али ово је међусобни однос пошто технологија одређује продуктивност односно улов по јединици напора.

Политика

Политика, покушава промовисати опште интересе друштва (данас и у будућности) када изгледа угрожено приватним интересима. Међутим, политика у одређеној области (попут рибарства) такође мора да служи ширим (другим) интересима политичара. У таквој ситуацији може се довести у питање да ли је систем политике способан да одреди објективно интересе друштва. Изводљивост делотворне политике одређују културни, економски и технолошки фактори.

Политика управљања рибарством има жељене, али и нежељене последице које се показују у свих шест димензија, укљ. саму политику.

Технологија

Технологије које се користе у рибарству су примене принципа развијених у другим подручјима. Технологија делимично одређује ефикасност производних процеса, као и управљање риболовом. Фасцинација са технологијом је сама по себи главна покретачка снага.

Простор

Просторно разматрање односи се на регион (на обали и на копну) али и на временску димензију (сада или касније). Оба аспекта играју важну улогу у управљању риболовом.

СФР је покушао да спаси рибе у одређеним подручјима и заштити рибарске заједнице у одабраним приморским регионима (нпр. Програм PESCA). Овакве регионалне политике су суочене са унутрашњом контроверзом. Када су мали, добро дефинисани и наизглед подесни, региони се бирају као циљ, ови региони су такође подложни повећању утицаја споља. На пример могућности улагања и/или запошљавања на малом простору у великој мери су под утицајем ситуације околине. Сходно томе, неопходни су велики напори да се ове спољне силе искључе. С друге стране, циљ великог подручја може ставити политику ван фокуса и може имати користи од група које нису првобитно биле циљне групе. Временска димензија је једна од главних тема у управљању риболовом: одржавање одрживих залиха рибе дугорочно, тако да и будуће генерације могу уживати утоковима користи.

Односи између снага

Једва је могуће чак и кратко дискутовати о мноштву односа између шест снага. Односи између две или више сила карактеришу узајамни утицаји. Не постоји јасан однос узрока и ефекта, већ постоји континуирани процес деловања и реакције.

Пример може бити однос између културе, економије, технологије и екологије. Култура одређује како људи гледају на остале три силе. Истовремено, перцепција екологије зависи, између осталог, од економије (степен благостања) и технолошких могућности за решавање еколошке деградације.

Такви односи су такође релевантни када је реч о управљању риболовом. Пример су покушаји да се уклони одбацивање. Одбацивање је културно прихваћен феномен, сличан отпаду у многим другим областима. Еколошке последице одбацивања процењују се на основу неколико парцијалних индикатора, који говоре више о нашој перцепцији околине него о нашем разумевању тога. Истовремено, економске и технолошке могућности имају такву важност да се још увек не може развити и применити закључно управљање како би се избегло одбацивање. Свест о међузависности је општи феномен у друштву. Није ограничено само на рибарство.

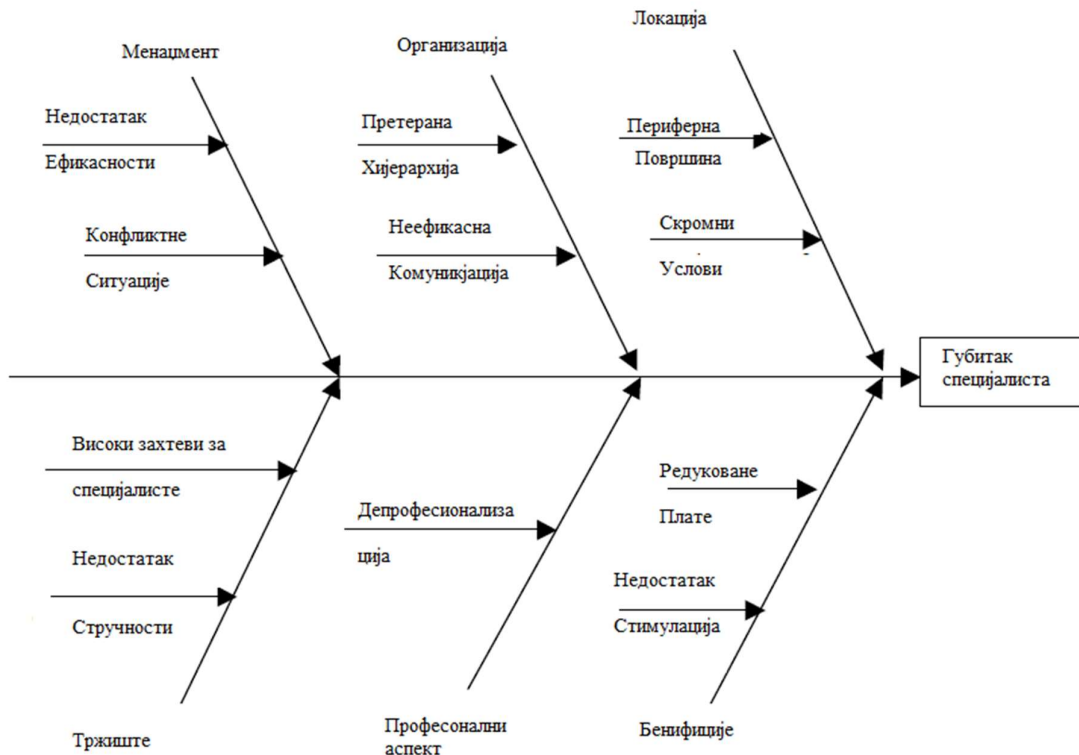
4.3. Практичан пример дијаграма рибље кости

За пример представљен у овом раду изабран је као проблем чињеница "губитка специјалиста", непожељног догађаја са негативним конотацијама. Ризик додељен студираним догађајима биће назван "ризик од губитка специјалиста".

Овај ризик испуњава све услове аналитичког елемента процеса развијеног унутар организације, без обзира на његов профил, и не сме се мешати са изгубљеном специјализованом вредношћу. Број изгубљених специјалиста представља индикатор учинка и може се узети у обзир приликом анализе самог процеса. Разлика између ризика губитка стручњака и броја изгубљених стручњака (обавезивање у одређеном временском периоду: годину, током периода функционисања организације, током периода уговора итд.) је да број специјалиста представља статички елемент перформанси, док ризик представља динамику феномена кроз расподелу вероватноће појаве ефекта, али и утицај који овај ефекат има на организацију или на процес који припада.

Обично је број изгубљених специјалиста изражен целим бројем и представља перформансе догађаја који се догодио, док је ризик од губљења специјалиста изражен делимичним бројем или у процентима и значи могућност, вероватноћу или прогнозу догађаја. Постоји могућност приказа ризика и на скали од 0 до 5, али чак и ако је у овом случају цео број (1, 2, 3, 4 или 5), то представља само конвенцију скале, што значи фракциони број или проценат (у односу на 5). Такође постоји могућност да се број изгубљених стручњака изрази фракционо или процентуално, што значи да је од 100 стручњака изгубљено 7, то је 0,07 или 7%, али и у овом случају, разлика између броја изгубљених стручњака, као замрзнута слика, и ризика као динамичког догађаја, остаје релевантна.

За апликацију је развијен дијаграм на слици 13.



Слика 13. Дијаграм за проблем губитка специјалиста

Дијаграм (слика 13) карактерише 6 главних узрока (управљање, организација, локација, тржиште, професионални хоризонт и користи) и 11 секундарних узрока, 2 за пет главних узрока и 1 за шести главни узрок (професионални аспект).

Представљање дијаграма на оси извршено је по важности. Од почетка осе до краја, најважнији узроци се налазе на почетку (управљање и тржиште).

Постављање главних узрока у горњој зони (сматраног левог дела осе) или у доњој зони (сматраног десног дела осе) дијаграма направљено је према неким условима, што значи да управљање зависи од организације и, очигледно, квалитета локације где се процес развија, а тржиште има елементе конкуренције или директног утицаја на професионални хоризонт и користи (као захтев).

Исти принцип је покушао да се поштује и за секундарне узроке, у смислу да најдаље од хоризонталне осе имају супериорнију релевантност од оних који су ближи (конфликтне ситуације су мање релевантне у процесу него недостатак ефикасности);

Одабир назива главних и секундарних узрока је извршено посматрајући да представљају главне узроке који су релевантни током процеса (управљање, тржиште, организација, локација итд.), док за секундарне узроке (депрофесионализација, ниска конкурентност, лоши услови итд.), били су посматрани како би били што ближи на слици ризика.

5. Закључак

Системи који служе за остваривање циљева производње називају се производни системи. То је скуп различитих елемената увезаних тако да као целина могу дати бољи резултат производње него што би их дали његови делови самостално. Тешко је направити границу било којег производног система јер је, у принципу, сваки систем састављен од подсистема али је истовремено и део неког већег система. Производни систем обухвата скуп технолошких система и других техничких, информационих и енергетских структура који на одређен начин обезбеђују извршавање постављених циљева производног процеса.

Анализа стабла отказа (ФТА) је метода анализе отказа, почев од потенцијалног нежељеног догађаја (несреће) који се назива и кључни догађај, до одређивања свих начина на који се он може догодити. Стабло отказа је логички дијаграм заснован на изјавама које су истините или лажне, отворене или затворене, добре или лоше, присутне или одсутне, итд. Стабло отказа служи за идентификацију догађаја на основу мањих догађаја који доприносе до датог завршног догађаја. Булова алгебра се користи за изражавање броја различитих догађаја (појединачно или комбиновано) које доводе до краја неког догађаја. Анализа стабла отказа је призната као један од најадекватнијих аналитичких алата за решавање проблема. Пре него што се започне анализа стабала отказа, апсолутно је неопходно да систем буде аналитички разумљив.

Анализа поља сила је метода за решавање проблема која има намену да промени догађаје који могу да се десе. За ову методу је потребан тим људи који анализирају проблем. Ова метода је изузетно ефикасна, јер велики број људи учествује у откривању проблема и њиховом решавању. Такође тај тим људи проналази везу између позитивних и негативних фактора и то како решавање једног утиче на решавање других проблема. Први пут је коришћена за време Другог светског рата од стране Курт Левина (Kurt Lewin) професора са Ајова универзитета. Левин је осмислио методу посматрајући особине кућних помоћница јер је увидео да оне чешће купују одређене врсте меса као што су одресци, печење или хамбургер, а не друге као што су јетра и језик. Америчка влада финансира је истраживање Левина у нади да ће доћи до разумевања зашто долази до оваквих догађаја и како је могуће утицати на њих да се они не десе. Својим истраживањима Левин је осмислио методу под називом анализа поља сила којим је успео да реши проблем.

Дијаграм рибље кости је метода помоћу које се може извршити идентификација, разврставање и приказивање могућих узрока проблема. Овај дијаграм је изумео Каоо Ishikawa, стога се још назива и Ishikawa дијаграм. Дијаграм графички приказује релације између одређене последице и свих фактора који на њу утичу. Када постоји озбиљан проблем, врло је битно истражити шта све може бити узрок те проблематике, пре него што почне размишљати о самом решавању проблема. Дијаграм рибље кости је начин помоћу кога се то може реализовати. Треба знати да дијаграм није довољан за решавање проблема, већ да његова улога само упућује на основне узроке чије је дејство највеће и на које треба утицати.

Литература

- [1.] W. F. LARSEN, TECHNICAL REPORT 4556 "FAULT TREE ANALYSIS" Picatinny Arsenal Dover, New Jersey, 1974.
- [2.] <https://www.icao.int/SAM/Documents/2014-ADSAFASS/Fault%20Tree%20Analysis%20and%20Event%20Tree%20Analysis.pdf>, приступљено 20.9.2018.
- [3.] <http://laboi.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2015/12/FTAppt.pdf>, приступљено 20.9.2018.
- [4.] <https://www.ntnu.edu/documents/624876/1277590549/chapt03-fta.pdf/c2e449ab-3221-472c-b3d7-3310942ee511>, приступљено 20.9.2018.
- [5.] SlideShare, <https://www.slideshare.net/robinjadhav/force-field-analysis-47075702>, приступљено 10.05.2018
- [6.] Лазић, М.: Алати, методе и технике унапређења квалитета, Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет у Крагујевцу, Центар за квалитет, Крагујевац, 2006.
- [7.] Арсовски, С., & Лазић, М. (2010). Водич за менаџере квалитета. Крагујевац: Машински факултет.
- [8.] Квалитет, <http://www.kvalitet.org.rs/alati-kvaliteta>, приступљено 20.9.2018.
- [9.] Co-case, <http://c.ymcdn.com/sites/www.co-case.org/resource/collection/2EC51A11-0C97-41F5-91D3-6C13479890FD/Force%20Field%20Analysis.pdf>, приступљено 10.05.2018.
- [10.] SlideShare, <https://www.slideshare.net/robinjadhav/force-field-analysis-47075702>, приступљено 20.9.2018.
- [11.] Change Menagment, <http://www.change-management-consultant.com/force-field-analysis.html>, приступљено 20.9.2018.
- [12.] Подузетник, <http://poduzetnik.com.hr/rubrike/abc-kvalitete/item/439-menadzerski-alat-analiza-polja-sila.html>, приступљено 20.9.2018.
- [13.] Portal Kvalitet, <http://www.kvalitet.org.rs/17-alati-kvaliteta/1066-dijagram-uzroka-i-posledice>, приступљено 19.04.2018.
- [14.] Премовић Ђ. (2005) *Use of Ishikawa method in order to improve quality*, Фестивал квалитета 2005, 32. Национална конференција о квалитету, Крагујевац, Република Србија.
- [15.] International Business Machines, <https://www.ibm.com/developerworks/lotus/library/fishbone/>, приступљено 20.9.2018.
- [16.] Свијет квалитете, <http://svijet-kvalitete.com/index.php/upravljanje-kvalitetom/1255-ishikawa-dijagram>, приступљено 20.9.2018.

- [17.] Шемшић Ф. (2003), *Cause and effect diagram*, 3. Научно стручни скуп са међународним учешћем “КВАЛИТЕТ 2003”, Зеница, Босна и Херцеговина.
- [18.] Премојић Ђ. (2005) *Use of Ishikawa method in order to improve quality*, Festival kvaliteta 2005, 32. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, Republika Srbija.