

ПРИМЈЕНА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА У ИЗБОРУ СТРАТЕГИЈЕ ТЕХНИЧКОГ ОДРЖАВАЊА**APPLICATION OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING IN CHOOSING THE TECHNICAL MAINTENANCE STRATEGY**

Сања Симић, Факултет Техничких Наука, Нови Сад

Област – ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО

Кратак садржај – Развој културе одржавања у производној индустрији има значајан утицај на ефикасност и успјех производње. Пројена и избор најбоље стратегије одржавања за различите типове кварова је тежак и сложен задатак, јер овај избор захтијева познавање различитих фактора. У оквиру овог рада приказан је поступак избора оптималне стратегије одржавања, за дефинисане услове и критеријуме, примјеном методе вишекритеријумског одлучивања.

Кључне речи: Вишекритеријумско одлучивање, Стратегије техничког одржавања, Тотално продуктивно одржавање

Abstract – Development of a maintenance culture in the manufacturing industry has a significant impact on the efficiency and success of production. Evaluating and choosing the best maintenance strategy for different types of failures is a difficult and complex task, because this choice requires knowledge of various factors. Within this paper, the procedure for choosing the optimal maintenance strategy for defined conditions and criteria using the multi-criteria decision-making method is presented.

Keywords: Multicriteria decision making, Technical maintenance strategies, Total productive maintenance

1. УВОД

Имплементација савремене културе и схватања процеса одржавања у аутомобилској индустрији данас је неизбјежна. То је процес који захтијева вријеме и посвећеност, али може имати дугорочне користи кроз повећање ефикасности, смањење трошкова и боље резултате у одржавању и перформансама опреме. Пројена и избор најбоље стратегије одржавања захтијева познавање различитих фактора као што су: безбједносни аспекти, проблеми животне средине, трошкови, ограничен буџет, искоришћеност радне снаге, просјечно вријеме које протекне између два отказа у систему (енг.: *Mean Time Between Failure - MTBF*), просјечно вријеме које је потребно за поправку (*Mean Time To Repair - MTTR*) за сваку машину и производну станицу итд.

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био др Дејан Лукић, ред. проф.

Управљање и контрола свих ових фактора који се морају узети у обзир управо представља главну сложеност проблема управљања одржавањем.

У оквиру овог мастер рада приказан је поступак доношења одлуке и избор оптималне стратегије одржавања за дефинисане услове и критеријуме примјеном методе вишекритеријумског одлучивања.

2. ПОЈАМ, ПРОЦЕС И МЕТОДЕ ОДЛУЧИВАЊА

Динамичне промјене у свјетској индустрији условиле су да успјешно предузеће мора да има богат и брз процес доношења одлука. Одлучивање је процес избора између више алтернативних праваца у циљу остваривања циљева и задатака. То подразумијева прикупљање, обраду података и доношење одлука уз подршку метода одлучивања [1].

2.1. Појам и процес одлучивања

Доношење одлука (енг.: *Decision making*) представља крајњи резултат одређених менталних процеса који доводе до избора најбоље од више различитих алтернатива [2].

Процес одлучивања чине следеће активности:

- јасно и прецизно дефинисање проблема који је потребно ријешити,
- формулисање циљева које треба постићи рјешавањем проблема,
- проналажење могућих алтернативних рјешења проблема,
- избор и дефинисање критеријума за мјерење достизања циља,
- потребни прорачуни, анализе и евентуално, израчунавање вриједности критеријума за сваку алтернативу,
- проналажење најбоље алтернативе,
- доношење одлуке о реализацији најбоље алтернативе.

2.2. Вишекритеријумско одлучивање

Област вишекритеријумског одлучивања (енг.: *Multicriteria analysis*) почела је да се развија још 70-их година 20. вијека, а подразумијева доношење одлука у ситуацијама када је потребно узети у обзир више различитих критеријума или фактора који утичу на одлуку [3]. Постојање више критеријума од којих неке треба максимизирати, а неке минимизирати, значи да се одлуке доносе у конфликтним условима и да се за рјешавање вишекритеријумских задатака морају прим-

јенити инструменти који су флексибилнији од строго математичких техника чисте оптимизације [4]. Рјешења која се траже помоћу вишекритеријумске анализе због конфликтних критеријума никада нису идеална. Анализа треба да укаже на најбоље рјешење, унутар скупа могућих рјешења.

2.2.1 АХП - Аналитички хијерархијски процес

АХП метода (енг.: *Analytical Hierarchy Process*) је развијена од стране Thomasa Saaty-ја 1970-их и представља једну од најчешће коришћених метода вишекритеријумског одлучивања [5]. То је алат заснован на математичким и психолошким основама за анализу комплексних одлука. У односу на друге методе које захтјевају да доносилац одлуке не прави грешке, у АХП методи је укључена чињеница да се грешке у закључивању појављују, при чему доносилац одлуке грешке може избјећи или се суочити са њима. Ова особина АХП методе да прихвата грешке је њена највећа предност.

Примјена АХП методе се реализује кроз четири основна корака: 1: развој модела одлучивања, 2: прикупљање података, 3: процјена тежинских фактора и 4: анализа осјетљивости и избор решења.

3. СТРАТЕГИЈЕ ОДРЖАВАЊА

Одржавање се може дефинисати као она функција у предузећу чија је надлежност константна контрола над постројењима, вршење поправки и омогућавање сталне функционалне способности и очувања производних постројења. Ово укључује рутинске инспекције, поправке, сервисирање и друге активности које се извршавају како би се спријечила неисправност, продужило трајање опреме и осигурао рад машина према одређеним стандардима и захтјевима.

Од процеса одржавања зависи целокупна функционалност система, а од тога успех компанија на тржишту. Са друге стране, одржавање зависи од спремности предузећа на улагања, која предузећу у највећем броју случајева неће директно донијети нови профит.

Развој концепција одржавања условљен је бројним факторима [6]: теротехнолошки захтјеви, организација, дијагностика, технологије, штедња енергије, заштита околине итд.

3.1 Основе стратегија одржавања

Изворна стратегија одржавања, “поправка након отказа“, била је присутна све до 50-их година 20. вијека и убрзо након индустријске експанзије није могла више да одговори на повећане захтјеве свјетског тржишта [7]. Прво савремено схватање одржавања као индустријске и научне дисциплине заживјело је у Сједињеним Америчким Државама, а одатле се даље пренијело и у Европу након другог свјетског рата. Тада су значајно повећани захтјеви за квалитетом производа, а све то је довело до потребе за смањивањем губитака у производњи, редуковањем кварова и отказа машина. Смањивање временских губитака и повећани захтјеви за поузданошћу система, условили су тимове који су се бавили одржавањем да морају да предвиђају отказе. Поправка након што је отказ наступио више није била прихватљива, а активности одржавања су постале

планске и временски одређене. Мотивисано губицима у производњи, ново схватање и поглед на одржавање, досеже до највишег менаџмента који потпуно одбацује стару стратегију одржавања и прихвата нову, засновану на одржавању које се предвиђа и врши у тачно одређеним интервалима. Од 70-их година 20. вијека долази до наглих промјена на свјетском тржишту, појаве изузетно сложених техничких система и потпуне промјене и унапређења филозофије одржавања. Нагли развој нових научних дисциплина, динамичне промјене, све бржи развој науке и технологије, појава система аутоматског управљања, информатике и других наука, утицали су и на даљи развој и допуњавање постојећих методологија у управљању одржавањем техничких система. Настанак нових методологија као што је тотално продуктивно одржавање (енг.: *TPM - Total Productive Maintenance*) и одржавање засновано на поузданости (енг.: *RCM - Reliability Centered Maintenance*), обезбиједио је већу ефикасност техничких система, а да при томе они буду у оптималном стању уз минималне трошкове.

3.1.1 Корективно одржавање

Корективно одржавање (енг.: *Corrective maintenance*) је прва стратегија одржавања која се појавила и код ње је највећи интензитет отказа. Његова примјена се своди на једноставну констатацију да се десио неки вид оштећења на машини и да је потребно извести корективне мјере на машини.

3.1.2 Превентивно одржавање

Превентивно одржавање (енг.: *Preventive maintenance*) заснива се на извођењу корективних мјера на машинама по јасно дефинисаним интервалима на чију дужину не утиче стварно стање машине. Овај тип одржавања састоји се од систематског прегледа, откривања, исправљања и спречавања кварова прије него што они постану стварни.

3.1.3 Одржавање према стању

Одржавање према стању (енг.: *Conditional maintenance*) заснива се на на три основна приступа: заштита, надзор и дијагностика. Овај тип одржавања примјењује углавном за уређаје код којих се захтијева велика сигурност и поузданост у раду.

3.1.4 Проактивно одржавање

Проактивно одржавање (енг.: *Proactive maintenance*) је напредна стратегија одржавања која се фокусира на предвиђање и спречавање неисправности и кварова прије него што се они појаве. Сваки од отказа се анализира, а затим се спроводе проактивне мјере у циљу спречавање поновног јављања истих оштећења и кварова.

3.1.5 Тотално продуктивно одржавање

Тотално продуктивно одржавање (енг.: *Total Productive Maintenance - TPM*) има незаобилазну улогу у јапанској филозофији, а представља концепт у области одржавања и управљања опремом који има за циљ да постигне највиши могући ниво ефикасности и производње кроз оптимално одржавање и управљање производним системима [6].

4. ИЗБОР ОПТИМАЛНЕ СТРАТЕГИЈЕ ОДРЖАВАЊА ПРИМЈЕНОМ АНАЛИТИЧКОГ ХИЈЕРАРХИЈСКОГ ПРОЦЕСА ОДЛУЧИВАЊА

Проблеми одржавања су релевантна питања која зависе од специфичности производног система, а са којима се суочавају компаније и њихови купци. Овај рад даје приказ поступка избора оптималне стратегије техничког одржавања примјеном вишекритеријумског одлучивања у једној компанији која се бави производњом компоненти аутомобилске индустрије. Као метода вишекритеријумског одлучивања изабрана је АХП метода.

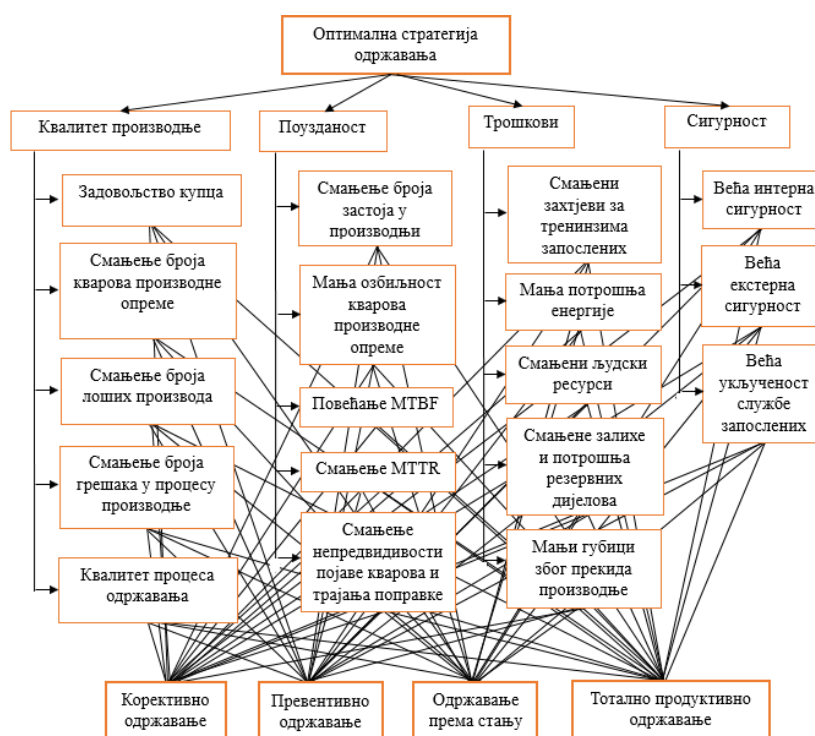
На врху модела/пирамиде као циљ је дефинисана *оптимална стратегија техничког одржавања*, слика 1. Као основни критеријуми одлучивања изабрана су следећа четири критеријума: *квалитет производње, поузданост, трошкови и сигурност*, са одговарајућих осамнаест поткритеријума. Алтернативна рјешења су

четири основне стратегије одржавања које се примјењују у аутомобилској индустрији: *корективно, превентивно, одржавање према стању и тотално продуктивно одржавање*.

За оцјењивање критеријума/поткритеријума коришћена је скала са вриједностима од 1 до 9, табела 1. Помоћу скале процјене изражава се вриједност критеријума парним упоредним оцјењивањем.

Табела 1. Скала процјене

Скала	Значење
1	врло низак ниво
3	низак ниво
5	средњи ниво
7	висок ниво
9	врло висок ниво



Слика 1. Дефинисана хијерархијска структура за избор стратегије одржавања

У посматраном случају коришћена је апроксимативна и модификована АХП метода, код којих је резултате одлучивања могуће добити примјеном једноставних математичких операција и одређених корака, за шта је примјењен софтвер MS EXCEL.

Због обима анализе, у раду су приказани само добијени резултати, односно рангирање и избор оптималне стратегије одржавања.

4.1 Рангирање и избор оптималне стратегије одржавања за апроксимативну методу

Након анализе, добијени су резултати који оцјењују четири дефинисане стратегије одржавања на основу свих постављених критеријума и поткритеријума. Резултати добијени за апроксимативну АХП методу приказани су у табели 2.

Табела 2. Композитни тежински фактори

a1	0,05157
a2	0,15464
a3	0,25966
a4	0,53414
Σ	1,00000

Према резултатима и дефинисаним циљевима, види се да алтернатива 4 има највећу укупну вриједност од *0,53414*. Према томе, она се сматра најбољом у складу са дефинисаним критеријумима и поткритеријумима. Са друге стране, очекивано су се најлошији резултати добили за корективно одржавање, *0,05157*. Превентивно одржавање и одржавање према стању налазе се по значајности између корективног одржавања и ТПМ-а са укупним вриједностима од *0,15464* и *0,25966*, слика 2.



Слика 2. Резултати апроксимативне АХП методе

4.2 Рангирање и избор оптималне стратегије одржавања за модификовану методу

Резултати добијени за модификовану АХП методу приказани су у табели 3.

Табела 3. Композитни тежински фактори

a1	0,05672
a2	0,18318
a3	0,25734
a4	0,50276
Σ	1,00000

Према резултатима и дефинисаним циљевима, види се да алтернатива 4 поново има највећу укупну вриједност. За модификовану АХП методу добијени су веома слични резултати као и за апроксимативну, са незнатним разликама у укупним вриједностима од приближно 0,03 или мање, слика 3.



Слика 3. Резултати модификоване АХП методе

ТРМ је тренутно најпожељнија стратегија одржавања у аутомобилској индустрији која доприноси задовољству како купаца и клијената, тако и самих производних компанија. ТРМ као холистичка филозофија и приступ управљању одржавањем има за циљ постизање највише могуће ефикасности и доступности опреме, повећање ефикасности процеса производње и побољшање укупне продуктивности.

5. ЗАКЉУЧАК

Доношење одлука и избор оптималног поступка, стратегије или прилаза у рјешавању неког проблема често представља комплексан проблем због присуства великог броја конфликтних критеријума међу расположивим алтернативама. У оквиру овог рада дат

је приказ примјене вишекритеријумског одлучивања у избору оптималне стратегије одржавања. Примјеном АХП методе донијета је одлука о избору оптималне стратегије између четири које су најчешће примјењиване у аутомобилској индустрији. Са укупном вриједношћу од 0,53414, односно 0,50276 за дефинисану алтернативу 4, *тотално продуктивно одржавање*, се издвојило као убједљиво најбољи прилаз за примјену у одржавању машина и система.

Неке од директних предности које су резултат примјене ТРМ-а у производњи су: смањење жалби купаца, значајно смањење производних трошкова, смањење несрећа на раду, смањење загађења околине, повећање ефикасности опреме итд. Индиректне користи су повећање поузданости и повјерења запослених, стандардизација и организованост радног простора, тимски рад, размјена стечених знања и искустава итд.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Перишић, Н., Петковић, М.: „Доношење одлука према циљевима“. Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука Крагујевац, 2009.
- [2] Вукман, Ј.: „Оптимизација технолошког процеса обраде танкозидних алуминијумских структура“. Докторска дисертација, Нови Сад, 2022.
- [3] Михаиловић, Ј.: „Вишекритеријумско одлучивање – примјер избора добављача помоћу АХП методе“. Инфо М, Вол. 16, Бр. 60, стр. 20-26, 2016.
- [4] Лукић, Д., Тодић, В., М., Милошевић, М., Вукман, Ј., Јовичић, Г.: „Избор елемената флексибилног технолошког система применом вишекритеријумског одлучивања“. Техника, Вол. 68, Бр. 5, стр. 864-872, 2013.
- [5] Миловановић, Ж.: „Рангирање пројекта на основу ризика примјеном АХП методологије“, Економски погледи, Вол. 21, Бр. 1, стр. 81-102, 2019.
- [6] „Концепције одржавања“. Наставни материјал. http://ie.mas.bg.ac.rs/data_store/upload/25_terotehnolosko4.pdf
- [7] Станковић, Н.: „Модели одржавања на бази ризика и њихов утицај на поузданост парних турбина“. Докторска дисертација, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, 2018.

Кратка биографија:



Сања Симић рођена је у Лозници 1998. год. Мастер рад на Факултету Техничких Наука из области Производно машинство - Рачунаром подржане технологије одбранила је 2023. год.

контакт: ssanjaa198@gmail.com