

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Индустријски инжењеринг

Предмет: Организација производње и операциона истраживања

Број индекса: 374/2015

Стефан Н. Аксентијевић

Оцењивање и рангирање добављача у ланцу снабдевања аутомобилске индустрије применом АНР методе

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Александар Алексић - ментор**

2. _____

3. _____

Датум

одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да: а) објасни значај избора добављача у производном ланцу снабдевања у аутомобилској индустрији у оквиру стратегијског менаџмента и б) предложи побољшану методу за оцењивање и избор добављача на којој је заснован редослед добављача са којима је потребно градити партнерски однос у циљу одржавање континуалне производње и задовољења захтева купаца. На основу података који су добијени у једном ланцу снабдевања који егзистира у Републици Србији, потребно је тестирати развијени модел. Такође, од кандидата се очекује да добијене резултате упореди са референтним подацима избора добављача у разматраној ауто компанији. На основу добијених резултата, кандидат треба да изведе закључна разматрања.

Препоручена литература:

- [1] Gunasekaran A., Patel, C., Tirtiroglu, E. (2001). Performance measurement and metrics in a supply chain environment, *International Journal of Operations and Production Management*, 21/1-2, pp. 71-87.
- [2] Supply Chain Operations Reference (SCOR®) model - Version 11 – revision, Supply Chain Council Overview, <http://docs.huihoo.com/scm/supply-chain-operations-reference-model-r11.0.pdf>, (преузето 11. 6. 2017.)
- [3] Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.

Крагујевац, 31. 6. 2018.

Ментор:
Др Александар Алексић, доцент

Садржај

Резиме	4
1. Увод	5
2. Основна разматрања о производном ланцу снабдевања	7
2.1 Појам структуре производног ланца снабдевања.....	7
2.2 Управљање ланцем снабдевања	10
2.3 Избор добављача у ланцу снабдевања.....	13
3. Поставка проблема	14
4. Аналитички Хијерархијски Процес-основна разматрања.....	27
4.1 Хијерархијско структурирање проблема	28
4.2 Процес процене релативне важности-преферентности	29
4.3 Одређивање укупног приоритета применом АХП методе	32
5. Пример из праксе	34
5.1 Дискусија.....	46
6. Закључак.....	54
Литература	55

Резиме

Проблем оцењивања и избора добављача у производном ланцу снабдевања представља један од најважнијих управљачких проблема стратегијског менаџмента. Посебно је овај проблем важан у производним ланцима снабдевања аутомобилске индустрије који егзистирају у условима неизвесности. Неке промене које имају највише утицаја на функционисање производног ланца снабдевања аутомобилске индустрије су смањивање животног века производа, промена захтева купаца, промена прописа у домену одрживог развоја држава, промена економске и политичке ситуације. Са изабраним добављачима менаџмент производног ланца снабдевања гради партнерски однос који утиче, између осталог, на одржавање континуалне производње, задовољење захтева купаца како у погледу квалитета и количине тражених производа тако и поштовање испоруке тачно на време. Реално је претпоставити да доносиоци одлуке, добављаче оцењују у смислу више критеријума. У пракси, постоје многе развијене процедуре према којима се оцењују добављачи. У овом раду проблем оцењивања и избора добављача је постављен као проблем више-критеријумске оптимизације. На овај начин, приоритет добављача је одређен на егзактан начин па се може сматрати да је мање оптерећен субјективним ставовима доносиоца одлука. Решење разматраног проблема је добијено применом Аналитичког Хијерархијског Процеса (АНР). У литератури ова метода се широко користи посебно када управљачки проблем има хијерархијску структуру као и проблем који се разматра у овом мастер раду. АНР метода је примењена на подацима који су добијени у једном ланцу снабдевања који егзистира у Републици Србији.

Кључне речи: производни ланац снабдевања, избор добављача, Аналитички Хијерархијски Процес

Abstract

In this paper, the problem of evaluating and selecting suppliers in the production supply chain is one of the most important management problems of strategic management. In particular, this problem is important in the supply chains of the automobile industry that exist under conditions of uncertainty. Some changes that have the greatest impact on the functioning of the automotive supply chain are reducing product life, changing customers' demands, changing regulations in the area of sustainable development of the state, changing the economic and political situation. With selected suppliers, the supply chain management builds a partnership relationship that influences, inter alia, maintaining continuous production, satisfaction of customers' requirements both in terms of the quality and quantity of the required products, as well as respecting the delivery on time. It is realistic to assume that the decision-makers evaluate suppliers in terms of several criteria. In practice, there are many developed procedures for evaluating suppliers. In this paper, the problem of evaluating and selecting suppliers is set as a problem of multi-criteria optimization. In this way, the priority of the supplier is determined in the exact way, so it can be considered less burdened with the subjective attitudes of the decision-

maker. The solution of this problem was obtained using the Analytical Hierarchical Process (AHP). In the literature this method is widely used especially when the problem has a hierarchical structure as well as a problem that is considered in this master's work. The AHP method was applied to data obtained in a supply chain that exists in the Republic of Serbia.

Keywords: production supply chain, selection of suppliers, Analytic Hierarhicy Process

1. Увод

Ланац снабдевања представља комплексан систем који се састоји од предузећа, која имају заједничке циљеве. То су остваривање успешне сарадње, стварање конкурентне позиције на тржишту, обезбеђивање сигурности пословања и на крају, остваривање жељеног профита. Предузећа која су повезана dobrим партнерским односима могу да обезбеде сигурну егзистенцију у данашњем неизвесном пословном окружењу, као и да заједно решавају могуће проблеме које савремено пословање намеће [1]. Процес координације и управљања релацијама и односима између предузећа у ланцу снабдевања познат је као концепт под називом „Менаџмент ланцима снабдевања” (SCM). Неки аутори овај концепт именују и као „Менаџмент мрежама снабдевања”, који је такође општеприхваћен.

Менаџмент ланцима снабдевања заснован је на заједничком деловању менаџмент тимова свих предузећа, у ланцу, са циљем да се оптимизује ток материјала и информација кроз ланац снабдевања. Овај концепт данас се развио до то мере да је постао једна веома комплексна и захтевна научна дисциплина, која се развија и усавршава. Један од кључних задатака SCM-а је да усклади пословне процесе предузећа, чланове ланца, у циљу смањења времена чекања, непотребних трошкова, залиха и других активности које не доносе директну или индиректну корист за предузећа. Као основни мотив за настанак и развој овог концепта означава се настојање да се испуне захтеви купаца (потрошача, клијената или корисника). Купци су покретачи свих процеса и активности које се одвијају унутар ланца снабдевања, па и унутар самих предузећа. Смисао стварања било ког производа или услуге јесте да тај производ или та услуга неке могу користити и да их неко жели купити [2].

Ланци снабдевања се увек међусобно разликују, и може се рећи да у пракси не постоје два иста ланца снабдевања. То произилази из чињенице да никако не могу постојати ни два потпуно иста предузећа. Осим тога, начин на који се управља ланцима снабдевања, политика и циљеви нису никад исти. Чак се може рећи да ланци снабдевања

који су међусобно директна конкуренција, односно баве се истом делатношћу, немају превише сличности када је у питању структура и управљање ланцем снабдевања. То је још један показатељ колико је тешко дефинисати јединствен начин за управљање ланцима снабдевања. Због тога је данас развијено много метода и приступа које помажу у реализацији активности *SCM*-а, а као последица свега тога створила се потреба за проналажењем ефикасног модела за одређивање ефикасности пословања ланаца снабдевања. Међутим, немогуће је направити универзалан модел за оцену ефикасности пословања било ког ланца снабдевања, већ се поједини модели могу применити на само одређене ланце снабдевања, у зависности од гране привреде, величине ланца, структуре и др.

Данас постоје многи модели мерења перформанси ланца снабдевања који су дефинисани и могу се наћи у релевантној литератури. Због прецизног мерења перформанси ланца снабдевања у овом раду, развијен је нови модел заснован на АНР методи (аналитички хијерархијски процес). Овим моделом се егзактно дефинишу и оцењују основне кључне перформансе ланца снабдевања у ауто индустрији.

У овом раду развијен је модел за оцењивање и рангирање добављача у ауто индустрији на основу четири кључана критеријума, односно перформанси: Квалитет процеса производње, ток материјала, примена леан методологије, ток информација. Свака од ових перформанси мери се на основу кључних индикатора перформанси (КПИ). Од изузетног је значаја идентификовати праве перформансе и њихове КПИ-ове, како би се сагледало реално стање пословања. Добијени резултати применом овог модела, могу се упоредити са резултатима у методи коју користи разматрано предузеће. Дакле, овај модел има циљ да провери да ли је могуће на великом узорку добити реалне податке и да ли је на основу њих могуће даље коришћење модела у индустрији. Идентификоване перформансе нису довољно респектабилне када је реч о одређивању перформанси ланаца снабдевања из других привредних грана, или оних ланаца где предузећа не испоручују производ, већ услугу.

Рад је организован на следећи начин: увод је приказан у глави један, у главни два приказана су основна разматрања о ланцу снабдевања. У трећој дат је детаљн опис критеријума и под критеријума према којима су оцењивани добављачи. У четвртој глави дат је предложени модел оцењивања и рангирања добављача. У петој главни, разматра се проблем оцењивања и рангирања добављача производа од гуме са којима треба да се оствари партнерски однос у ланцу снабдевања аутомобилске индустрије. У шестој глави изнети су закључци о резултатима рада.

2. Основна разматрања о производном ланцу снабдевања

У овој секцији приказани су основни појмови као што су структура ланца снабдевања, управљање ланцем снабдевања и модели рангирања добављача.

Услед брзих и непрекидних промена који се дешавају у пословном окружењу, дошло је до потребе да се између осталог, мења облик повезивања предузећа. Ланац снабдевања је један од најпопуларнијих облика повезивања предузећа. Циљеви предузећа која су на овај начин повезана, лакше и потпуније могу да се реализују. Предузећа која су део ланца снабдевања су партнери што омогућава да имају бољу пословну сарадњу током дужег временског периода. Зато се може сматрати да је задатак изградња и очувања добре позиције на тржишту условљена партнерским односима између предузећа и стварањем ланца снабдевања један од најважних задатака стратегијског менаџмента [1]. Партнерство између предузећа омогућава да се отклоне и превазиђу појединачне слабости сваког предузећа унутар ланца снабдевања, и обезбеди боље снабдевање и управљање ресурсима. Оптимално коришћење ресурса је један од најважнијих доприноса оваквог начина организовања. Осим тога, менаџмент тимови предузећа међу собом размењују искуства и знања, имају добре међуљудске односе и побољшавају се знања и компетентност запослених [2].

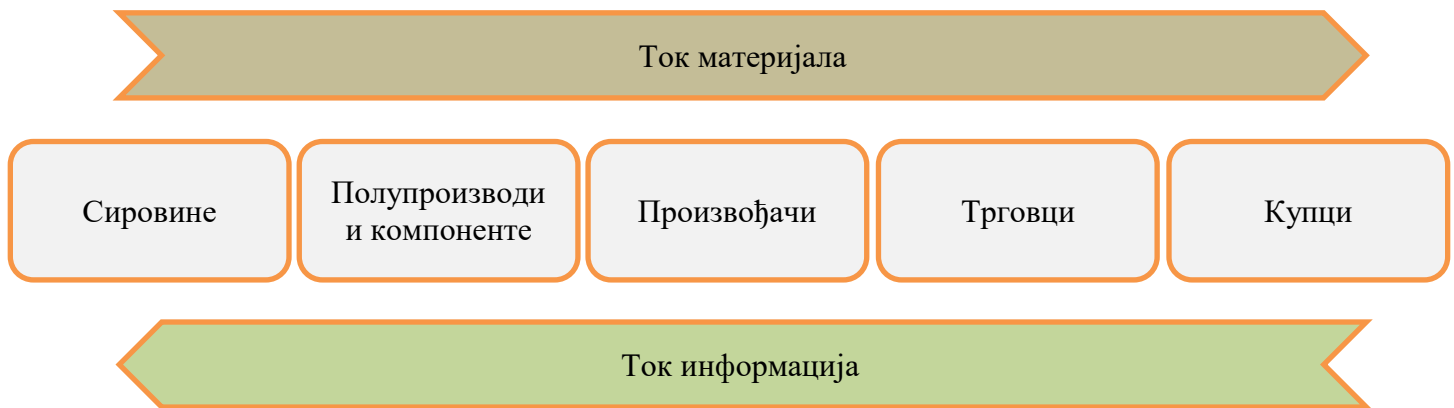
У литератури не може да се нађе јединствена дефиниција термина: ланац снабдевања, и управљање ланцем снабдевања. Ово тврђење може се објаснити чињеницама да се ланци снабдевања међусобно разликују по многим карактеристикама као на пример: врста производа, циљно тржиште, број ентитета ланца снабдевања, географска позиција, величина предузећа унутар ланца, тип индустрије којима предузећа припадају и др.

2.1 Појам структуре производног ланца снабдевања

Основни стратегијски циљеви који се дефинишу у сваком предузећу су: задовољење захтева купаца, и повећање конкурентности. Један од начина да се задовоље захтеви купаца и оствари добра конкурентска позиција на тржишту је стварање партнерских односа са другим предузећима, добављачима и директним купцима. Да би се реализовали ови стратегијски циљеви, неопходно је да се промени како организовање предузећа и да се примене нови концепти управљања. Један од новијих организационих модела је ланац снабдевања који се разматра у овом мастер раду. Ланац снабдевања се састоји од три ентитета, добављача, производног дела и дистрибутивног система. У једном ланцу снабдевања по правилу егзистира већи број добављача који неретко егзистирају на различитим локацијама. Такође може да се производња организује у различитим предузећима која су дислоцирана. Дистрибуција се по правилу реализује у систему у коме егзистира већи број дистрибутивних центара и велики број купаца. Респектујући изнете чињенице, многи аутори сматрају да термин није у потпуности одговарајући да представи

разматрани начин организовања. Сматра се да је значајно бољи термин мрежа снабдевања. У новим концептима управљања, захтев за производом или услугом полази од купца, тако да неки аутори сматрају да ни термин снабдевање није адекватан већ да се треба заменити термином тражење или потреба а сходно уведеној претпоставци ланац снабдевања постаје управљање потребама или мрежама потреба [3].

Ланац снабдевања може се дефинисати [4]: као мрежа свих процеса, активности и стејкхолдера који се може представити на слици 1.



Слика 1. Токови материјала и информација у ланцу снабдевања

Као што је напоменуто, не постоји јединствена дефиниција термина ланац снабдевања. Надаље су дате дефиниције овог термина које могу да се нађу у литератури.

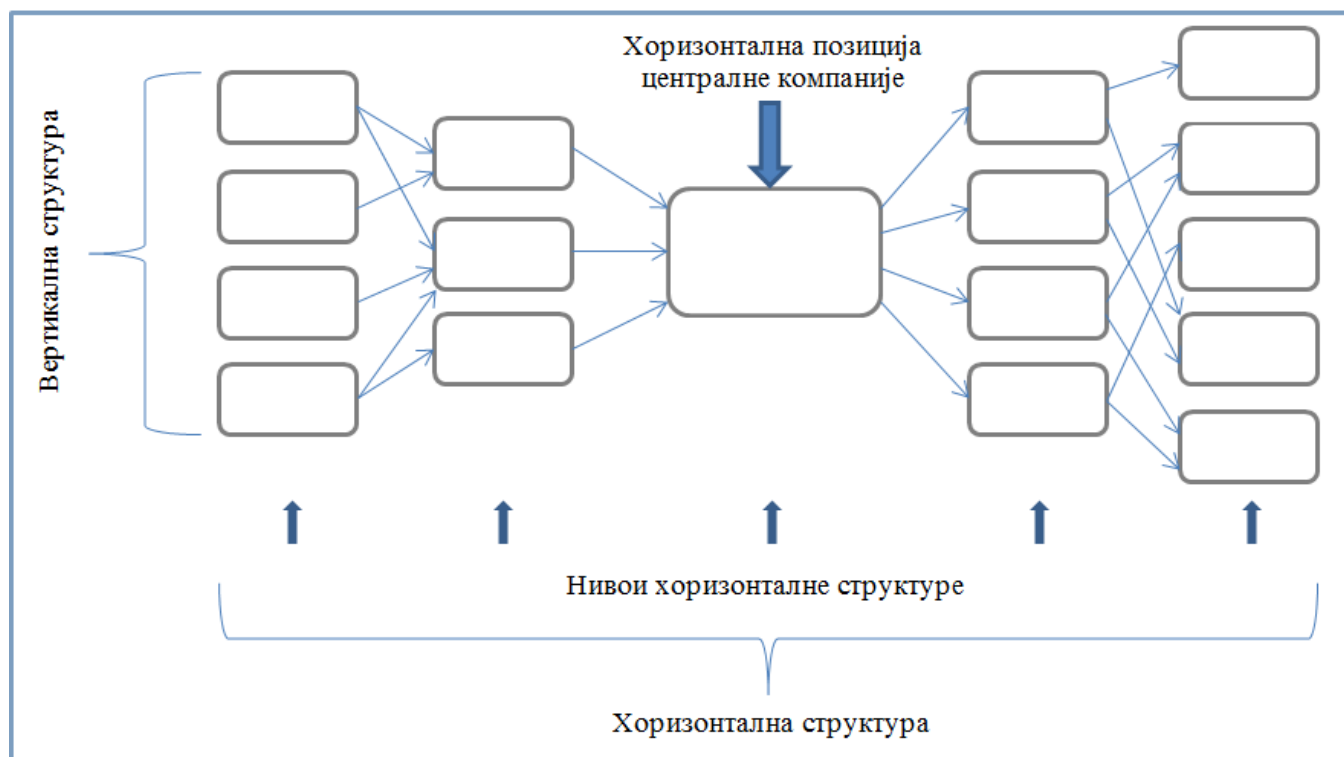
- Ланац снабдевања обухвата све заинтересоване стране укључене, директно или индиректно, у процес испуњавања захтева корисника [5].
- Ланац снабдевања је мрежа партнера који заједно трансформишу основну сировину у готов производ, који треба да задовољи захтеве корисника [6].
- Ланац снабдевања најправилније је дефинисати као мрежу објеката и дистрибутивних опција за обављање функција набавке сировина и њихову трансформацију у готове производе, као и дистрибуцију готових производа корисницима [7].
- Концепт ланца снабдевања обухвата активно управљање каналом набавке и дистрибуције. Састоји се од групе компанија које подижу вредност производа дуж производног тока, почев од сировина до крајњих корисника [8].

- Ланац снабдевања је систем који се састоји из сегмената као што су добављачи, производни погони, дистрибутивни центри и потрошачи, који су саставни део токова материјала и готових производа, али и од повратних информација [9].
- Ланац снабдевања представља мрежу објеката, транспортних средстава и логистичких информационих система који су повезани преко добављачевих добављача и корисникових корисника [10].

Дефинисање структуре производног ланца снабдевања зависи од многих фактора као на пример од сложености израде производа, броја добављача, броја учесника који су чалнови ланца снабдевања и др.

Када се разматра појам структуре ланца снабдевања могу се разликовати [11]:

- Хоризонтална структура – одређује структурну сложеност према броју различитих типова учесника у ланцу снабдевања. Тако да хоризонтална структура може бити кратка или дуга.
- Вертикална структура – одређује структурну сложеност према броју учесника истог типа у ланцу снабдевања. На пример број производних предузећа. Вертикална структура може бити уска или широка.
- Хоризонтална позиција централне компаније – означава позицију централне компаније у односу на прву и последњу карику ланца. Ова компанија нема увек централно место у ланцу снабдевања, већ некад може бити ближа првој, а некад последњој карици ланца.



Слика 3. Основне структурне димензије мреже ланца снабдевања (Nacrtati)

Основна карактеристика централне компаније је у томе што је директно или индиректно повезана са свим учесницима у ланцу снабдевања.

2.2 Управљање ланцем снабдевања

Концепт управљање ланцима снабдевања је релативно и према мишљењу неких аутора [12] заузима значајније место у озбиљнијим научним истраживањима. Christopher [13] сматра да управљањем ланцем снабдевања подразумева управљање релацијама које постоје између предузећа, добављача и купаца, у циљу стварања и испоруке додатне вредности производа или услуга, и уз смањење трошкова и времена испоруке. Дакле, менаџмент ланцима снабдевања јесте менаџмент односа између учесника у ланцу и знатно је шири појам од управљања логистиком.

У литератури се могу наћи различите дефиниције термина управљање ланцем снабдевања. Неке најшире прихваћене дефиниције су надаље приказане.

- Менаџмент ланцем снабдевања обухвата планирање и контролу свих процеса, од сировог материјала до готових производа испоручених купцу [6].
- Управљање ланцем снабдевања је системско стратешка координација пословних функција и тактика унутар компанија, као и кроз читав ланац снабдевања, у циљу побољшања пословања компанија и ланца снабдевања као целине [14].
- Управљање ланцем снабдевања је филозофија управљања каналом дистрибуције почев од добављача до потрошача [15].
- Управљање мрежом снабдевања се дефинише као управљање материјалом и информационим токовима, и унутар и између објеката, као што су трговачки, производни, објекти за монтажу и дистрибутивни центри [16].

Управљање ланцем снабдевања може се дефинисати као управљање активностима унутар предузећа и везама између предузећа. Информациони токови предузећа која се налазе унутар ланца снабдевања морају да буду усклађени. Ток информација у савременом пословању креће од купаца, тако да је данас израз „направи и продај” замењен изразом „осети и реагуј”. Резултат управљања ланцем снабдевања је оптимално коришћења расположивих ресурса. Овај проблем може се решити применом различитих метода и коресподентних софтвера [17].

Такође, један од менаџмент задатака у ланцу снабдевања је омогућавање добре комуникације, правовремене реакције и правилне координације предузећа која међусобно сарађују. Савремени приступ управљања ланцима снабдевања, који је усмерен на захтеве и потребе купаца, умногоме се разликује од традиционалног приступа где су се производеле велике серије производа и пласирале на неистражено тржиште. Последице прекомерне производње робе без сигурних купаца и лоше координиране сарадње између предузећа су [18]:

- опадање конкурентности компанија, односно ланца снабдевања, услед презасићености тржишта једном врстом производа,
- недостатак адекватног рачуноводственог система који би идентификовао реалне трошкове кроз све фазе настанка неког производа,
- висок ниво залиха које изискују велике трошкове складиштења и које временом губе на вредности,
- висок проценат грешака приликом испоруке производа, услед непознавања стварних потреба предузећа са којима се сарађује, а као последица лоше комуникације,
- ниска флексибилност и недовољно брзо реаговање на тржишне промене,
- високи административни трошкови и велики број грешака у документацији,

- веома тешко упоређивање перформанси предузећа унутар ланца снабдевања, као и упоређивање перформанси ланца снабдевања из исте врсте индустрије,
- велики број застоја у токовима материјала, информација и новца,
- непостојање информационог система за праћење локација на којима се налазе залихе производа и у којим количинама,
- постојање великог броја непоузданих партнера у оквиру ланца снабдевања итд.

Принципи управљања ланцима снабдевања су [19]:

1. Прилагођавање ланца снабдевања потребама купаца: Овај принцип означава да треба обратити пажњу на оно шта купци желе. Купци се разматрају са више аспеката, као што су куповна моћ, истинска потреба за производом, популација којој је производ намењен итд. Производ се може продати само ако постоји неко ко ће га купити.
2. Прилагодити мрежну структуру ланца снабдевања: Избор локација на којима се налазе производни и дистрибутивни системи у ланцу снабдевања је важно правилно извршити јер добијено решење утиче на време и трошкове транспорта. Посебно треба обратити пажњу, када је то неопходно и захтевано уговором, да компанија има своје овлашћене сервисе што ближе купцима.
3. Пратити сигнале који упозоравају на промене код захтева купаца: Промене код жеља купаца најпре се уочавају на продајним местима а одатле треба слати сигнал дуж ланца снабдевања, све до добављача.. Уколико се интересовање за неким производом смањи, на малопродајним местима ће се створити залихе. Уколико се не одреагује на време конкуренција може лако искористити тренутак непажње и одвући купце на своју страну, што резултира потенцијалним губитком купаца и профита [20].
4. Производ диференцирањем приближити купцу: Циљ је обезбедити да сваки купац има могућност да добије производ који тражи, а то треба постићи стварањем широког спектра производа. Дакле, то су производи исте врсте, али нешто измењених карактеристика и перформанси, што често зависи од куповне моћи и укуса купца.
5. Стратешко управљање изворима снабдевања: Неопходно је остварити партнерски однос са доваљачима како би се непотребни трошкови, непотребна кретања материјала, и непотребна количина информација и новца између компанија елиминисала.
6. Развој информационих технологија које оптимизују процес одлучивања: Коришћење заједничких информационих система и пружање информационо технолошке подршке од великог су значаја за успешну сарадњу компанија унутар ланца снабдевања [20]. Заједнички информациони системи обезбеђују да компаније у сваком тренутку знају

како се пословање њихових партнера одвија, и на основу тога прилагоде своје пословање.

7. Усвојити показатеље за праћење успешности ланца снабдевања: Потребно је идентификовати и мерити кључне индикаторе перформанси у циљу одређивања ефективности пословања. Ови индикатори могу бити временски, финансијски и сл.

Примена ових принципа није једноставно реализовати зато што су ресурси (најчешће објеката и новца) ограничени, или су ови показатељи неусклађени са циљевима партнера. Није редатк случај да идентификација показатеља није адекватно извршена, тако да мерење ефективности пословања ланца снабдевања која је заснована на овим показатељима није довољно тачна. Менаџмент компаније треба да се изборе са овим потешкоћама

2.3 Избор добављача у ланцу снабдевања

Многи аутори сматрају да је избор добављача један од најважнијих проблема одлучивања у ланцу снабдевања који егзистира на стратегијском нивоу [21]. У литератури могу да се нађу бројни радови у којима је разматран проблем оцене и избора добављача у ланцима снабдевања који егзистирају у различитим економским доменима. Број и тип критеријума према којима се оцењују добављачи се одређују на основу знања и скуства менаџера снабдевања или на основу препорука које могу да се нађу у литератури. На пример за аутомобилску индустрију унутар сваког глобалног ланца снабдевања постоје развијене процедуре за оцену добављача унутар којих су детаљно развијени критеријуми према којима се оцењују добављачи. Многи аутори сматрају да избор добављача може да се постави као проблем више-критеријумског одлучивања. Најчешће коришћена метода је АХП и модификоване верзије АХП [22-27].

Треба нагласити да велики број аутора сугерише да се рангирање добављача решавава применом две или више метода више-критеријумске оптимизације. У највећем броју радова аутори користе АХП или фази АХП за одређивање тежине критеријума према којима се оцењују добављачи [28-32]. Ранг добављача је одређен применом неких других метода више критеријумске оптимизације као на пример фази TOPIS [33] у [28, 29, 30, 32] и применом више-циљног линеарног програмирања у [31].

3. Поставка проблема

У овој глави приказан је модел за оцену ефикасности добављача према критеријумима квалитета купца. Критеријуми квалитета купца састоје се од K главних критеријума и од I подкритеријума. Нека је индекс за главни критеријум означен као k , $k = 1, \dots, K$ а за подкритеријум нека је индекс j , $j = 1, \dots, J_k$. Сви критеријуми су декомпоновани на подкритеријуме који представљају кључне индикаторе перформанси (КПИ), и надаље су описани.

Квалитет процеса производње ($k=1$) је један од најважнијих критеријума према којима се оцењују добављачи са аспекта квалитета. Може да се каже да ако је вредност овог критеријума већа, долази до већег испуњења захтева купаца као и његовог задовољства. Треба напоменути да на квалитет процеса производње утиче планирање постављања процеса производње као и развој самог склопа дела. Подкритеријуми критеријума квалитет процеса производње су: управљање програмом и временски распоред ($j=1$), управљање алатима и опремом ($j=2$), развој подкомпоненти ($j=3$) и капацитет и квалитет ($j=4$). Ови подкритеријуми су надаље детаљно описани.

Управљање програмом и временски распоред

Добављач мора да има план рада који обухвата активности које добављач мора да реализује у планираном периоду времена а такође мора да има и дефинисан распоред и време трајања сваке активности. План рада обухвата:

- датум и време за све кључне фазе пројекта аутомобилске компаније (као што су одобравање дизајна, датуми потребних материјала (МРД), пилот-изградња, финална изградња, временско-програмски план тестирања финалне изградње, одобрење, лансирање итд.);
- планирани и стварни датуми за све кључне резултате разматране ауто компаније (као што су: процена спремности за проверу процеса, процена ризика, процена компактибилности, процена изводљивости процеса фаза 1 и 2, пуно одобрење).
- активности за ублажавање ризика за сваку испоруку која касни или потенцијално касни до њихових крајњих рокова.

- планирани и стварни датуми за кључне испоруке алата (као што је почетак прављења алата, укупно време изградње алата, алати за прото делове, алати за финалне делове);
- очекиване алате и статус процеса за део који се шаље у свакој фази изградње (прото, фаза верификације, пресерија, пуштање у производњу и серијска производња);

Добављач мора осигурати адекватне ресурсе за програм, у свим фазама изградње, како би се осигурало да су завршни делови и активности ублажавања ризика завршене по њиховим потребним датумима.

Добављач је у обавези да обавести ауто компанију за свако могуће кашњење у било којој фази изградње о било чему (кашњење алата, кашњење материјала, кашњење подкомпоненти, кашњење тестирања делова, кашњење резултата тестирања, кашњење одобрења финалног дела).

Управљање алатима и опремом

Комплетна листу свих алата, опреме и плоча који се користе у процесу производње се одређује на нивоу сваког добављача.. На овој листи се наводи власништво над алатима, јединственим идентификационим бројевима и локацијом предмета. На листи мора бити наведено присуство свих алата (укључујући број шупљина тј гнезда), опреме и мерача. Алат и опрема, када се не користе, морају се правилно идентификовати и чувати како би се избегла конфузија у управљању протоком компонената и зног крајњег квалитета производа који се производе. Постоји записник о алатима за добављаче који садржи све инструменте у власништву ауто компаније, са бројем и локацијом за алат.

Процес дизајнирања и развоја алата који укључује:

- примену научених лекција и најбољих пракси из претходних програма са доприносима од стране одговарајућих одељења и клијента;
- основни узрок и корективне акције за проблеме у вези са искључењем опреме, са повратним информацијама у плану превентивног одржавања;

- праћење, извештавање и континуално побољшање мерних инструмената повезаних са алатима, као што су стартовање опреме, ефективност и ефикасност линије производње, трошкови пројекта и животног циклуса и квалитета (способност машине). "

Од добављача се захтева да константно извештава о статусу потрошених алата, опреме и статуса контролника у смислу: времена (почетак изградње, завршетак изградње, прото , узорци, итд.). Алати и опрема морају да буду изграђени према свим захтевима купца. Провера спремности процеса и процена изводљивости процеса проверава се на готовим производним алатима користећи дефинитивне производне процесе. Опрема за мерење алата за монтажу мора бити координисана током читавог процеса монтаже на свим потребним алатима и уређајима и праћена након тога због одрживости алата и опреме. Према резултатима праћења рада алата добављач има период калибрације свих алата.

Добављач изводи студије о способности машина за посебне карактеристике на свим алатима и испунити захтеве ауто компаније.

Прихватљиве методе обележавања обухватају, али се не ограничавају на: гравирање, урезивање, штанцање, писање и причвршћивање металне ознаке, шрафовима или заваривањима. Неприхватљиве (непостојеће) методе укључују: бојење, ковање, папирне ознаке итд.

Развој подкомпоненти

Добављач мора да изврши процену ризика сваке купљене или направљене под компоненте и сировина који се користе у финалном делу. Од добављача се захтева да има развијене поступке за вођење и планирања процеса производње подкомпоненти, као и ревизије ради утврђивања изводљивости производње подкомпоненти. Добављач може да користити алате за дораду под компоненти ако те подкомпоненте не утичу значајно на квалитет и безбедност производа. Поред тога, добављач мора да има план када доставља под

компоненте ауто копанији. Ово је важно напоменути јер се на овај начин обезбеђује континуиран рад производне линије у фокалној компанији.

Добављач мора да има план тока материјала кроз цео ланац снабдевања. На плану су приказани сви секундарни поступци и/или услуге (нпр. обрада, третман топлоте, итд.), Такође и локације за складиштење и отпремање ван локације. Мапирање токова вредности може да покаже постојање уских грла, временских рокова. На овај начин могуће је извршити и оптимизацију и побољшање процеса набављања разматраних под компоненти. Уз све наведено потребно је имати и “план Б” за сваку активност, како се не би угрозила производња линија разматране ауто компаније тј како не би дошло до заустављања производње услед недостатка компоненти.

Капацитет и квалитет

Капацитет који добављач мора да испоштује је онај капацитет који постоји у Уговору између добављача и ауто компаније. Ако дође до привременог повећања производње која захтева већи капацитет добављача у односу на уговорени добављач мора бити у стању да испуни нове захтеве тако што ће организовати прековремени рад, викенд пројекције итд. У случају да дође до повећења обима производње у дужем временском периоду, добављач мора да буде у могућности да изврши све потребне активности одржавања, контролу квалитета итд.

Када више делова дели једно ограничење (нпр производња на истој линији), добављач ће основати заједничку процесну групу у оквиру базе података о капацитетима како би обавестио предузеће ауто индустрије.

Провера изводљивости производње под компоненти врши се у смислу два најважнија критеријума: временски капацитет (мора бити већи од 90%), и оптерећеност и искоришћеност линије (мора бити мање од 90 %). Добављач мора доказати способност да делове које испоручује су у складу са захтевима купаца. Добављач то може да врши тако

што ће да достави све идентификоване делове са унапред дефинисаним карактеристикама. За све делове који се користе у овој студији потребно је урадити следљивост по данима производње, како би се у студији утврдило да је тренд квалитета прихватљив са стране ауто компаније.

Треба напоменути да избор добављача у наредном временском периоду је заснован на нивоу квалитета поткомпоненти. Активности којима се обезбеђује квалитет поткомпоненти су:

периодични преглед података и контролних граница;

- преглед и ажурирање / повећање величине узорака и фреквенција по потреби;

- евидентирање / документовање предузетих радњи;

- проверу ефикасности предузетих радњи.

Неопходно је нагласити да могућност процеса за посебне карактеристике се надгледа током времена како би се гарантовала стална стабилност

Ако је способност процеса мања од утврђеног захтева, извршиће се 100% верификација производа. Сталне корективне акције ће се провести пре него што се ревизија процеса може одобрити.

Ток материјала ($k=2$) је критеријум за оцену добављача који се може дефинисати као праћење подкомпоненти кроз процес производње и константно праћење саме производње у циљу очувања нивоа квалитета финалне компоненте. Такође се користе алати за складиштење и дистрибуцију сировина, подкомпоненти и финалних производа редоследно тј без било каквог прескакања, како не би долазило до бацања сировина којима рок употребе истекне. Подкритеријуми критеријума ток материјала су: дијаграм тока процеса ($j=1$), мониторинг процеса ($j=2$), следљивост и идентификација делова ($j=3$) и правило реда чекања-ФИФО (први који је ушао мора да буде први који изађе) ($j=4$). Ови подкритеријуми су надаље детаљно описани.

Дијаграм тока процеса

Сваки добављач треба да има дијаграм тока процеса за све делове који обухвата:

- одражава читав процес, почевши од пријемног подручја и настављајући кроз отпрему;
- обухватају све од етикетирања, складиштења производа, поправке и подручја где је поправка дозвољена, инспекције, без обзира да ли су део прото процеса, финалног процеса или секундарног процеса;
- идентификовати станице које мере посебне карактеристике и / или доприносе значајним неусаглашеностима;
- обезбедити да је ток процеса и материјала дизајниран тако да би се избегло прескакање операција или мешање делова са сличним производима;
- укључити секвенцу, метод и опрему за обраду, која се користи на свакој станици (укључујући и инспекцијске и поправне радне станице), са идентификованим јединственим бројевима машина;
- указати на ток поправљеног или преправљеног материјала назад у нормалан процес како би осигурали да делови пролазе кроз све потребне контроле за све радионице за поправке;
- идентификовати број потребних оператера по станици (укључујући слободне оператере, по потреби);
- назначити било које уско грло или операције ограничења.

Добављач треба да има процедуру која описује како се стварају и контролишу привремени радови и поправке. Овај поступак укључује:

- идентификација свих особа одговорних за стварање привремених радова и поправака, упутстава и контрола.
- обавештење и одобрење од стране FCA пре покретања привремене обраде и поправке путем одговарајућег процеса.
- Захтеви за поправке и поправке делова пролазе кроз контроле еквивалентне или супериорне примарној производној линији.

Мониторинг процеса

Добављач је одговоран за одржавање перформанси и способности производног процеса и мора имати поступак за праћење мерења процеса и реаговања услед деградације процеса изван контроле и непосредне корективне мере у процесу. Методе снимања података су погодне за провере које се врше, а контролне границе које се користе се израчунавају на основу захтева од стране ауто компаније. Добављач има поступак за једноставну идентификацију произведених усклађених производа (лот, контролне карте итд.). Неусаглашени услови изван контроле или посебни узроци варирања морају бити јасно идентификовани, документовани и повезани са процесом корективне акције који одговара оператору или шкартирани одмах након увиђања аномалија. Поступак треба да обезбеди обавештење о одржавању када се машине разграђују или постану ван контроле тј када се појави 5 узастопних делова који немају усаглашен квалитет.

Параметри процеса и машине подложни су значајним варијацијама током времена (нпр. температуре, време одржавања, брзина, притисци итд.). Ови параметри систематски се прате у односу на постављене толеранције. Систем повратне спреге са затвореном петљом који одржава утврђене границе процеса, ограничења контроле и параметре процеса који се одређују применом прелиминарних анализа процеса, мора увек имати визуелно сигнално обавештење уколико се било шта промени, као и доказ о непрекидном праћењу свих параметара.

Треба напоменути да је неопходно да се обезбеде да се највише прате истовремено два толеранциона поља.

Добављач мора да има сву потребну техничку документацију (радна упутства, контролни план, графикони, дневници инспекције итд.). Ова документација је доступна током времена производње и налази се на одговарајућим радним станицама. Карактеристике

потпокомоненти се прате у односу на препоруке које се налазе у одговарајућим приручницима или у односу на већ постојеће поткомпоненте.

Следљивост и идентификација делова

Потербно је да добављач у сваком тренутку може да идентификује компоненте склопа као и да може да одреди када и од кога су набављене те компоненте. Понекад је потребно да су компоненте кодиране, односно да имају бар код. У пракси, овај критеријум према коме се оцењују добављачи се означава као следљивост и идентификација делова.

Добављачи који производе делове аутомобила чија је основна функција безбедност путника (сигурносни појас, точак, полуосовина, кочиона црева и др) осим што морају да одреде следљивост ових делова морају да чувају документацију о свим тестирањима и о структури материјала компоненти. Ови делови морају да буду означени на пример, специјалним етикетама, гравурама и слично. Треба напоменути да ако је вршена дорада компоненте, таква компонента мора обавезно да буде означена.

Правило реда чекања-ФИФО

Код добављача мора да буде заступљен и да се строго поштује ред чекања који је означен као ФИФО. Уобичајно је у овој индустрији да је ред чекања једноканални и да има једно место опслуживања. Када се оцењује добављач према овом критеријуми, осим што се респектује поштовање овог правила реда чекања неопходно је да се узме у разматрање и време задржавања компоненти у реду чекања. Потребно је нагласити да време чекања не сме да буде веће од животног века компоненти.

Локације за складиштење материјала морају бити јасно идентификоване и адекватне за потребе процеса. Палете, полице итд. морају бити чисте и добро одржаване. Простор за складиштење мора бити довољне величине да садржи материјал који се налази на логичан начин у односу на проток процеса и адекватан за задржавање и заштиту производа уз

једноставан приступ и сигурно руковање. Средства за руковање, транспорт и држање (виљушкари, палете, итд.) морају бити ефикасни и радити под одговарајућим сигурносним условима. Кад се примењује на сигурност запослених.

Примена леан методологије ($k=3$) представља организовање производње, контроле, набавке, логистике и свих процеса у којима се производи финални производ ради смањивања губитака. Подкритеријуми критеријума примене леан методологије су: превентивно одржавање ($j=1$), организација радног места ($j=2$), континуално побољшање ($j=3$) и испорука у право време ($j=4$).

Превентивно одржавање

Добављач мора имати План превентивног и проактивног одржавања који обухвата:

- утврђивање захтева за одржавање и фреквенцију за све алате, опрему, мерне инструменте и уређаје који се користе у процесу, базирани на ризику који се установљава на почетку пројекта на основу прошлости, научене лекције, спецификације производње;
- идентификација критичне процесне опреме и наменских ресурса;
- Стандардне поступке одржавања и упутства са дијаграмима, дефинисане планиране активности за обављање, потребни ниво вештина, потребни алати, фреквенција, трајање и визуелна помагала;
- временски календар за снимање машина са застојима дужим од 10 минута, који захтева анализу коренских узрока и активности континуираног побољшања (нпр., Каизен);
- календар планираног одржавања такође садржи графику из техничких цртежа машинских система (електричне, пнеуматске, хидрауличне итд.) и компоненте које имају активности за планирано одржавање, трајање и учесталост;
- стављање новог алата у план пре производње;
- детаље за очување и складиштење алата, опреме и мерача;

- списак резервних делова за све нове и наменске машине, засноване на средњем времену између отказа и средњем времену замене, за критичну или дуготрајну опрему која би могла довести до затварања фабрика и заустављања линија;
- идентификација проблема одржавања / застоја са анализом коренских фактора на нивоу компоненте;
- метод за документовање корективних мера и научених лекција и читавања других процеса и опреме;
- евидентирање, извештавање и праћење података о одржавању (преко дневника, главне књиге итд.) и метрика, КПИ (ОЕЕ%, МТБФ, МТТР, повећање планираног одржавања итд.) и активности континуираног побољшања;
- редовне прегледе и ажурирања плана.

Добављач мора осигурати да се планиране активности одржавања врше по утврђеном распореду.

Добављач мора имати поступак за активности одржавања, које обављају оператери, који укључује:

- идентификацију где се врше такве активности;
- метод за враћање опреме назад у основне услове;
- метод за идентификацију извора контаминације, тешко приступачних подручја и сигурносних проблема на радном месту за континуална побољшања (нпр., Каизен);
- упутства за обављање делатности на основу визуелних података;
- доступност свој опреми неопходној за обављање послова на радној станици оператера;
- коришћење опреме за чишћење, инспекцију, подмазивање и причвршћивање на сваком радном месту
- извештаје о поступцима рада током времена.

Мора постојати обучени тим за одржавање, унутрашњи или екстерни, који је доступан у случају ванредног стања током свих радних сати. Свим непланираним или посебним

радовима одржавања, у било којем делу објекта добављача, евидентира и прати испоручилац.

Добављач мора осигурати да, како се инструменти и опрема приближавају унапред утврђеном крају животног циклуса, се предузимају одговарајуће мере како би се осигурала усаглашеност са захтевима (нпр. повећане инспекције, побољшане мере откривања или методологија).

Организација радног места

На сваком радном месту, неопходно је да прво буде примењен 5С систем. Након овога добављачи на радним местима треба да примене следеће активности:

- идентификација најбољих активности које нису додане вредности на радном месту, уз континуиране активности побољшања (нпр. Каизен);
- ергономске анализе и класификацију неприродних кретања у радном кругу;
- развој стандардних циклуса времена у сменама;
- доказ о активностима ребаланса радног места, када је то применљиво;
- праћење и извештавање о мерама, КПИ (продуктивност, смањење људских грешака, ергономска побољшања, % сертификата 5С-а, итд.).

Континуално побољшање

Један од основних принципа нове пословне филозофије је принцип континуалног побољшања. Од добављача се захтева да овај принцип буде примењен на сваком радном месту. Примена принципа континуалног побољшања обухвата:

- идентификација активности у којима настају неусаглашене компоненте и губици и активности у којима се недодаје вредност производима,
- коришћење корективних мера ради елиминисања горе поменутих активности,
- анализа и извештавање о мерама континуираног побољшања.

Добављач мора имати структурни приступ решавању проблема који подразумева могућност примене метода за откривање, анализу и елиминасање грешака. Методе које се примењују за унапређење процеса рада на радном месту су:

- активни програм за континуалну едукацију запослених;
- одређивање приоритета и примена (по потреби) предлога запослених за побољшање;
- Каизен / континуирано усавршавање кадрова;
- коришћење тимова за континуалне пројекте побољшања;
- праћење и извештавање о сродним показатељима, КПИ-има (завршени пројекти, поднесени и имплементирани сугестији запослених, отпад, итд.)

Испорука у право време

Добављач мора да има систем који гарантује испоруку у право време. По наруџбинама од централне организације производног ланца снабдеваља добављач је у обавези да усклади своју производну линију, узимајући у обзир све планиране, непланиране застоје, промене смена, број радних дана у недељи, брзину линије и проценат интерног броја неусаглашених производа како би задовољио захтеве централне организације разматраног ланца снабдевања.

Добављач мора да има испланиране и усвојене руте транспорта, време потребно за транспорт као и алтернативни план уколико се увиди да је кашњење могуће.

Ток информација ($k=4$) представља значајан критеријум према којем се оцењује добављач у ауто индустрији. Потребно је дефинисати које информације може да имају запослени на сваком радном месту. Такође, потребно је да се одреди на који начин се информације чувају. Ток информација као и количина информација која се дистрибуира у систему мора да буде адекватна како би процеси рада могли да се континуално реализују. Подкритеријуми критеријума ток информација су: дизајнирање и одобрење модела ($j=1$), информације у ланцу снабдевања ($j=2$), и информације у ентитету ланца снабдевања ($j=3$). Детаљан опис наведених подкритеријума надаље је приказан.

Дизајнирање и одобрење модела

Модел дизајна мора имати све потребне податке за део, као и информације, укључујући, али не ограничавајући се на:

- инжењерске и техничке стандарде, спецификације и норме (плус одступања од тих захтева);
- геометријско димензионирање и толеранцирање / димензионални захтеви;
- идентификоване посебне карактеристике;
- списак подкомпоненти (са бројем дела, ревизијом и количином).

Добављач мора имати приступ свим стандардима који се користе у разматраном ланцу снабдевања. Добављач има процедуру која захтева редовне прегледе како би осигурала да имају најновије објављене верзије стандарда и захтева, комуникацију са различитим одељењима у случају ажурирања ревизије. Ако су референтне интерне спецификације или стандарди добављача (на пример, на моделу дизајна, на цртежима под компонова итд..

Добављач ће размотрити дизајн за сервисабилност, што осигурава лакоћу демонтаже производа са минималним трошковима и временом.

Информације у ланцу снабдевања

Потребно је утврдити да ли ланац снабдевања функционише према дефинисаној стратегији управљања. Ако ово није испуњено, неопходно је да се стратегија мења. Ток информација има хијерархијску структуру која кореспондира структури добављача.

Информације у ентитету ланца снабдевања

Управљање под-добављачима мора да буде засновано на информацијама које се односе на под-добављаче.

4. Аналитички Хијерархијски Процес-основна разматрања

Једна од најише коришћених метода више-критеријумске оптимизације која се примењује за решавање многобројних проблема који се међусобно врло разликују је Аналитички Хијерархијски Процес (АХП). Ову методу је развио Saaty (1980) [34] и заснована је на претпоставци да је процес одлучивања креативан процес који се реализује кроз три фазе. Такође, треба напоменути да процес одлучивања мора да буде зановн на дефинисаним аксиомама које су надаље приказане:

Аксиома 1. Посматрајмо два критеријума $(k, k', k, k' = 1, \dots, K; k \neq k')$ или алтернативе $(i, i', i, i' = 1, \dots, I; i \neq i')$. Нека је важност критеријума k' алтернативе i према критеријуму k' алтернативи i' означена као $w_{kk'}, /p_{ii'}$, респективно. Ова вредност је процењена од стране доносилаца одлука. Тада је важност критеријума k' алтернативе i' према критеријуму k алтернативи i једнака $\frac{1}{w_{kk'}}, / \frac{1}{p_{ii'}}$, респективно. Другим речима вредности елемената

матрица релативне важности критеријума на сваком хијерархијском нивоу и матрице преферентности алтернатива су реципрочне у односу на главну дијагоналу.

Аксиома 2. Kada se porede vrednosti dve alternative ili kriterijuma optimalnosti, donosilac odluke nikada ne procenjuje da je jedna alternativa ili kriterijum optimalnosti beskonačno bolji od druge alternative odnosno kriterijuma optimalnosti.

Аксиома 3. Проблем одлучивања може да се дефинише хијерархијски.

Аксиома 4. Када се дефинише пролем одлучивања, следећи корак је додељивање приорита сваком пару алтернатива односно важности сваком пару критеријума на сваком хијерархијском нивоу.

4.1 Хијерархијско структурирање проблема

У првој фази врши се хијерархијско структурирање проблема које је засновано на знању и искуству доносилаца одлуке. Важност ове фазе може да се објасни чињеницом да два експерта један исти проблем могу различито да структурирају. Зато је неопходно да постоји тимски рад у процесу дефинисања структуре проблема како би се постигао консензус у процесу одлучивања.

Пројектовање хијерархијске структуре је итеративни процес. Скуп критеријума и алтернатива се дефинише на основу знања доносилаца одлуке. Најчешће се користе квалитативне технике за анализу добијених скупова могућих критеријума и могућих алтернатива. Ови скупови су одређени применом методе анкете, бенчмаркинга, Делфи методе и др. Ако су питања дефинисана у анкети као и у Делфи методи двосмислена тада се може рећи да скуп могућих критеријума и/или скуп могућих алтернатива није добро одређен што се даље пропагира на смањивање тачности решења разматраног проблема одлучивања.

Стога може да се каже да избор критеријума као и њихове хијерархијске структуре и избор могућих решења представља један од најважнијих подпроблема проблема одлучивања. Дефинисањ критеријума треба да буде у складу са дефинисаним циљем који се налази на највишем нивоу одлучивања. У зависности од сложености изабраних критеријума они могу да се декомпонују на подкритеријуме који се генерално налазе на више хијерархијских нивоа. Подкритеријуми су мањег обима и мање сложености од критеријума али су по структури веома слични критеријуму који се разматра.

Важна предност хијерархијског структурирања проблема је што у овом приступу доносиоци одлука могу да направе процену на једном хијерархијском нивоу за разматрани пар елемената независно од осталих хијерархијских нивоа. Најједноставнији, и по

мишљењу многих доносилаца одлуке најтачнији начин је да се врши процена вредности једног пара елемената у смислу само једне особине без узимања у обзир осталих особина.

Хијерархијска структура критеријума и подкритеријума мора да [34]:

- Репрезентује проблем на најбољи могући начин; модел мора да буде осетљив на промене које се дешавају током периода одлучивања,
- Буде осетљив на окружење система у којем се разматра проблем одлучивања, и
- Да се идентификују учесници који су повезани са проблемом.

Треба напоменути да идентификовани критеријуми на сваком хијерархијском нивоу морају да буду међусобно независни. Такође, између алтернатива не може да постоји корелација.

4.2 Процес процене релативне важности-преферентности

У другој фази постављају се матрице релативне важности критеријума на сваком хијерархијском нивоу и матрице преферентности алтернатива унутар сваког критеријума који се налази на најнижем хијерархијском нивоу. Вредности елемената ових матрица се одређују на основу процена доносилаца одлуке. На основу знања, искуства, као текућих информација о проблему. Вредности сваког пара критеријума, подкритеријума као и сваког пара алтернатива одређује се на основу стандарне скале мера [34] која је приказана у Табели 4.1.

Табела 4.1 Стандардна скала мера

нумеричке вредности	Дефиниција
1	једнако важно или приоритетно
2	слабо важно или приоритетно
5	јако важно или приоритетно
7	веома јако важно или приоритетно
9	Екстремно важно или приоритетно
2,4,6,8	

Ако било који пар критеријума критеријума $(k, k', k, k' = 1, \dots, K; k \neq k')$ или алтернативе $(i, i', i, i' = 1, \dots, I; i \neq i')$ има једнаку важност тада се вредност елемента у матрици парова упоређења релативне важности критеријума, односно у матрици упоређења преферентности алтернатива описује скаларном вредношћу 1. Ова вредност је коришћена да се дефинишу остали бројеви у стандардној скали мера.

Током процеса дефинисања матрица релативне важности критеријума, односно матрица преферентности алтернатива може да се деси да доносиоци одлука не могу да очувају конзистентност процене. Стога неопходно је да се утврди колико пуно грешке које направе доносиоци одлука утичу на тачност решења. У литератури постоје многобројне методе које су развијене и које могу да се примене за проверу конзистентности. Најшире коришћена метода је метода сопственог вектора [35] која према мишљењима многих аутора представља природну меру неконзистентности. Поступак провере конзистентности применом методе сопственог вектора надаље је изложен.

Потребан услов да било која матрица релативне важности критеријума односно матрица преферентности алтернатива (у даљем тексту ове матрице означимо као A) буде конзистента је да су све вредности позитивне и реципрочне у односу на главну дијагоналу. Претпоставимо да је овај услов задовољен. Добољан услов да би било која матрица A била конзистентна је да главна сопствена вредност матрице A буде једнака димензије матрице (нека је у овом раду димензија матрице означена као N).

Применом методе сопственог вектора [35] утврдимо да ли је испуњен довољан услов. Поставимо матричну једначину:

$$A \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w \quad (4.1)$$

где је:

w вектор тежина или преферентности

$\lambda_{\max}$ највећа вредност сопственог вектора матрице A

Ова вредност је већа или једнака N за матрице чији елементи су позитивни и реципрочни. Ако и само ако је матрица A конзистентна тада је $\lambda_{\max} = N$.

Мера неконзистентности се рачуна према изразу:

$$\lambda_{\max} - N \quad (4.2)$$

Нормализацијом мере неконзистентности помоћу димензије матрице A , дефинисан је однос конзистенције који је означен као C.R. [34, 35]:

$$C.R. = \frac{\lambda_{\max} - N}{N - 1} \quad (4.3)$$

За сваку димензију матрице A дефинисане су случајне вредности које су означене као R.I. чије вредности су приказане у Табели 4.2 [36].

Табела 4.2 Вредности R.I. у зависности од димензија матрице A

N	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R.I.	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57

Индекс конзистенције (C.I.) се рачуна према изразу:

$$C.I. = C.R. / R.I. \quad (4.4)$$

Сматра се да је матрица A конзистентна ако је $C.I. \leq 0.01$. Ако није задовољен овај услов, тј. ако матрица A није конзистентна тада се примењује процедура израчунавања вредности $\lambda_{\max}$ која је надаље приказана.

Максимална вредност сопственог вектора матрице A , $\lambda_{\max}$, у свакој итерацији p , $p=1, \dots, P$ се добија према изразу:

$$w^p = \lim_{p \rightarrow \infty} \frac{A^p \cdot e}{e^T \cdot A^p \cdot e} \quad (4.5)$$

где је e јединични вектор.

Матрице релативног односа важности критеријума на сваком хијерархијском нивоу и матрице преферентности алтернатива унутар сваког критеријума који се налази на најнижем хијерархијском нивоу представљају улазне елементе за поступак израчунавања укупне преферентности алтернатива са респектовањем свих критеријума као и њихових тежина. Овај поступак је приказан на моделу у којем су критеријуми структурирани у два нивоа. Поступак одређивања укупног приоритета применом АХП методе је приказан у наредној секцији.

4.3 Одређивање укупног приоритета применом АХП методе

У пракси хијерархијска структура идентификованих критеријума укључује највише два нивоа. У општем случају скуп критеријума је представљен скупом $\kappa = \{1, \dots, k, \dots, K\}$. Укупан број критеријума је означен као K . Индекс критеријума је k , $k=1, \dots, K$. Нека је сваки критеријум k , $k=1, \dots, K$ декомпонован на подкритеријуме који формално могу да се представе скупом индекса $\varphi_k = \{1, \dots, j, \dots, J_k\}$. Укупан број подкритеријума критеријума k , $k=1, \dots, K$ је означен као J_k . Индекс подкритеријума j унутар критеријума k је j_k , $j=1, \dots, J_k$; $k=1, \dots, K$. Скуп могућих алтернатива је дат скупом индекса алтернатива $i = \{1, \dots, i, \dots, I\}$. Укупан број алтернатива је I . Индекс могуће алтернативе је i , $i=1, \dots, I$.

Кораци АХП методе унутар уведене претпоставке су надаље приказани.

Корак 1: Матрице парова упоређења релативне важности под критеријума, $\left[w_{jj'} \right]_{J_k \times J_k}$, $j, j' = 1, \dots, J_k; j \neq j'; k = 1, \dots, K$, матрица важности критеријума $\left[w_{kk'} \right]_{K \times K}$, $k, k' = 1, \dots, K; k \neq k'$ и матрице преферентности алтернатива унитар сваког подкритеријума, $\left[p_{ii'}^j \right]_{I \times I}$, $i, i' = 1, \dots, I; i \neq i'; j = 1, \dots, J_k$ су конструисане.

Корак 2. Провера конзистентности конструисаних матрица извршене су применом методе сопственог вектора (Секција 4.2). Ако једна или више матрица нису конзистентне тада се одређује вектор тежина или вектор преферентности према изразу (4.5).

Корак 3. Израчунајмо вектор тежине критеријума, $\left[w_k \right]_{K \times K}$, $k = 1, \dots, K$, вектор тежина подкритеријума унутар сваког критеријума, $\left[w_j^k \right]_{J_k \times J_k}$, $j = 1, \dots, J_k; k = 1, \dots, K$ и вектор преферентности алтернатива унутар подкритеријума $\left[p_i^j \right]_{I \times I}$, $i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J_k$. Све вредности тежина и преферентности су описане ординалним бројевима и задате су нормализовано. Вредност 0 означава да је тежина најмања, односно да је преферентност алтернативе најмања. Вредност 1 означава да је тежина критеријума, односно преферентност алтернатива највећа.

Корак 4. Преферентност алтернатива унутар критеријума k , $k = 1, \dots, K$, $p_i^k, i = 1, \dots, I; k = 1, \dots, K$ се рачуна према изразу:

$$p_i^k = \sum_{j=1}^{J_k} w_j^k \cdot p_i^j \quad (4.6)$$

Корак 5. Укупна преферентност алтернатива са респектовањем свих критеријума као и њихових тежина се добија према изразу:

$$p_i = \sum_{k=1}^K w_k \cdot p_i^k \quad (4.7)$$

Корак 6. Ранг алтернатива је одређен према вредностима укупне преферентности, $p_i, i=1,...,I$, тако да се на првом месту налази она алтернатива којој је придружена највећа вредност преферентности. На последњем месту у рангу се налази она алтернатива којој је придружена најмања вредност преферентности.

Корак 7. Према добијеном рангу, доносиоци одлука могу да дефинишу стратегију управљања.

5. Пример из праксе

У овој секцији разматран је проблем оцењивања и рангирања добављача у једном производном ланцу снабдевања ауто индустрије. Значај проблема представља детаљну анализу добављача у једном производном ланцу у намери да се издвоје бољи добављачи ради осигуравања јачине ланца снабдевања у наредним пројектима и у наредном периоду. Добављачи се одређују на почетку пројекта од стране одељења набавке купца. Главни критеријуми за одређивање добављача су: цена дела, време изводљивости пројекта, квалитет дела, функционална примена и животни циклус дела.

Разматрају се следећи добављачи који су одређени од менаџера набавке једне компаније из ауто индустрије. Менаџер своју одлуку доноси на основу резулата пословања добављача у претходном временском периоду. Од ових добављача се могу наручивати делови од гуме и пластике који се уграђују у различите типове аутомобила. Ови добављачи су: Hutchinson ($i=1$), Norma Grupa ($i=2$), Contitech fluid ($i=3$), Contitech automotive ($i=4$), Contitech silicon ($i=5$), Teklas ($i=6$), Kautex ($i=7$), Elmeg ($i=8$), Flexitech ($i=9$) и Standard profil ($i=10$).

Применом предложеног алгоритма (корак 1 до корак 3) добијени су следећи резултати. Матрица релативног односа важности критеријума је задата:

$$\begin{bmatrix} - & 2 & 7 & 8 \\ & - & 5 & 7 \\ & & - & 1 \\ & & & - \end{bmatrix}, \text{ C.I.} = 0.0329$$

Вектор тежина критеријума је:

$$w = [0.5325, 0.3357, 0.0812, 0.0507]$$

На исти начин је одређена конзистентност осталих конструисаних матрица релативних важности под-критеријума и матрица преферентности добављача.

Матрица релативног односа важности подкритеријума унутар критеријума који је означен као квалитет процеса производње (k=1)

$$\begin{bmatrix} - & 2 & 6 & 1/3 \\ & - & 4 & 1/5 \\ & & - & 1/8 \\ & & & - \end{bmatrix}, \text{ C.I.} = 0.0665$$

Вектор тежине подкритеријума унутар критеријума (k=1) је:

$$w_1 = [0.2423, 0.1401, 0.0475, 0.5692]$$

Матрица релативног односа важности подкритеријума унутар критеријума који је означен као ток материјала (k=2)

$$\begin{bmatrix} - & 1/2 & 1/5 & 1/6 \\ & - & 1/3 & 1/5 \\ & & - & 1/3 \\ & & & - \end{bmatrix}, \text{ C.I.} = 0.0694$$

Вектор тежине подкритеријума унутар критеријума (k=2) је:

$$w_2 = [0.0657, 0.1398, 0.2727, 0.5522]$$

Матрица релативног односа важности подкритеријума унутар критеријума који је означен као примена lean методологије (k=3)

$$\begin{bmatrix} - & 3 & 6 & 1/5 \\ & - & 2 & 1/4 \\ & & - & 1/8 \\ & & & - \end{bmatrix}, \text{ C.I.} = 0.0958$$

Вектор тежине подкритеријума унутар критеријума ($k=3$) је:
 $w_3 = [0.2488, 0.1113, 0.0547, 0.5871]$

Матрица релативног односа важности подкритеријума унутар критеријума који је означен као ток информација ($k=4$)

$$\begin{bmatrix} - & 5 & 5 \\ & - & 1 \\ & & - \end{bmatrix}, \text{ C.I.} = 0.00$$

Вектор тежине подкритеријума унутар критеријума ($k=4$) је:
 $w_4 = [0.7143, 0.1429, 0.1429]$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума управљање програмом и временски распоред:

$$\begin{bmatrix} - & 9 & 5 & 3 & 5 & 2 & 7 & 5 & 6 & 8 \\ & - & 1/6 & 1/8 & 1/6 & 1/9 & 1/3 & 1/6 & 1/5 & 1/2 \\ & & - & 1/3 & 1 & 1/5 & 3 & 1 & 2 & 4 \\ & & & - & 3 & 6 & 7 & 3 & 4 & 6 \\ & & & & - & 1/4 & 3 & 1 & 2 & 4 \\ & & & & & - & 7 & 5 & 6 & 8 \\ & & & & & & - & 1/3 & 1/2 & 2 \\ & & & & & & & - & 2 & 4 \\ & & & & & & & & - & 3 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{ C.I.} = 0.0859$$

Вектор преферентности добављача је:

$$p_1^1 = [0.2795, 0.0139, 0.0640, 0.2373, 0.0649, 0.1819, 0.0271, 0.0640, 0.0423, 0.025]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума управљање алатима и опремом:

$$\begin{bmatrix} - & 4 & 7 & 4 & 9 & 9 & 1 & 5 & 7 & 8 \\ & - & 4 & 1 & 7 & 7 & 1/4 & 2 & 4 & 6 \\ & & - & 1/4 & 1/3 & 3 & 1/7 & 1/3 & 1 & 2 \\ & & & - & 7 & 7 & 1/5 & 2 & 4 & 5 \\ & & & & - & 1 & 1/9 & 1/6 & 1/5 & 1/2 \\ & & & & & - & 1/9 & 1/6 & 1/5 & 1/2 \\ & & & & & & - & 5 & 7 & 8 \\ & & & & & & & - & 3 & 4 \\ & & & & & & & & - & 2 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{ C.I.} = 0.0780$$

Вектор преферентности разматраних добављача

$$p_2^1 = [0.2650, 0.1166, 0.0337, 0.1123, 0.0259, 0.0173, 0.2730, 0.0827, 0.0475, 0.0262]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума развој подкомпоненти:

$$\begin{bmatrix} - & 1 & 1 & 6 & 7 & 5 & 6 & 7 & 9 & 7 \\ & - & 1 & 6 & 7 & 5 & 6 & 7 & 9 & 7 \\ & & - & 6 & 7 & 5 & 6 & 7 & 9 & 7 \\ & & & - & 2 & 1/2 & 1 & 2 & 4 & 2 \\ & & & & - & 1/3 & 1/2 & 1 & 3 & 1 \\ & & & & & - & 2 & 3 & 5 & 3 \\ & & & & & & - & 2 & 3 & 2 \\ & & & & & & & - & 3 & 1 \\ & & & & & & & & - & 1/3 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{ C.I.} = 0.0427$$

Вектор преферентности добављача

$$p_3^1 = [0.2374, 0.2374, 0.2374, 0.0503, 0.0321, 0.0761, 0.0483, 0.0321, 0.0169, 0.0321]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума капацитет и квалитет:

$$\begin{bmatrix} - & 9 & 4 & 5 & 6 & 1 & 2 & 9 & 8 & 6 \\ & - & 1/6 & 1/5 & 1/3 & 1/9 & 1/8 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ & & - & 2 & 3 & 1/4 & 1/3 & 5 & 6 & 3 \\ & & & - & 2 & 1/5 & 1/4 & 6 & 4 & 1/5 \\ & & & & - & 1/7 & 1/6 & 3 & 4 & 3 \\ & & & & & - & 2 & 9 & 8 & 6 \\ & & & & & & - & 7 & 6 & 5 \\ & & & & & & & - & 1/2 & 1/4 \\ & & & & & & & & - & 1/3 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.0924$$

Вектор преферентности добављача је:

$$p_4^1 = [0.2472, 0.0169, 0.0967, 0.0572, 0.0548, 0.2521, 0.1735, 0.0168, 0.0217, 0.0631]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума дијаграм тока процеса:

$$\begin{bmatrix} - & 8 & 7 & 9 & 9 & 7 & 5 & 6 & 9 & 9 \\ & - & 1/2 & 2 & 2 & 1/2 & 1/5 & 1/4 & 2 & 2 \\ & & - & 3 & 3 & 1 & 1/3 & 1/2 & 3 & 3 \\ & & & - & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/4 & 1 & 1 \\ & & & & - & 1/3 & 1/2 & 2 & 3 & 3 \\ & & & & & - & 1/3 & 1/2 & 3 & 3 \\ & & & & & & - & 2 & 5 & 5 \\ & & & & & & & - & 4 & 4 \\ & & & & & & & & - & 1 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.0998$$

Вектор преферентности добављача је:

$$p_1^2 = [0.3994, 0.0484, 0.0774, 0.0296, 0.0591, 0.0774, 0.1520, 0.1034, 0.0266, 0.0266]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума мониторинг процеса:

$$\begin{bmatrix} - & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 & 2 & 7 & 2 & 9 \\ & - & 2 & 2 & 2 & 2 & 1/3 & 3 & 1/3 & 5 \\ & & - & 1 & 1 & 1 & 1/6 & 2 & 1/6 & 4 \\ & & & - & 1 & 1 & 1/6 & 2 & 1/6 & 4 \\ & & & & - & 1 & 1/6 & 2 & 1/6 & 4 \\ & & & & & - & 1/6 & 2 & 1/6 & 4 \\ & & & & & & - & 7 & 1 & 9 \\ & & & & & & & - & 1/7 & 3 \\ & & & & & & & & - & 8 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.0397$$

$$p_2^2 = [0.2789, 0.0771, 0.0447, 0.0447, 0.0447, 0.0447, 0.2107, 0.0291, 0.2088, 0.0163]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума следљивост и идентификација делова:

$$\begin{bmatrix} - & 8 & 3 & 3 & 3 & 3 & 4 & 4 & 4 & 8 \\ & - & 1/6 & 1/6 & 1/6 & 1/6 & 1/4 & 1/4 & 1/4 & 1 \\ & & - & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 5 \\ & & & - & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 5 \\ & & & & - & 1 & 2 & 2 & 2 & 5 \\ & & & & & - & 2 & 2 & 2 & 5 \\ & & & & & & - & 1 & 1 & 4 \\ & & & & & & & - & 1 & 3 \\ & & & & & & & & - & 3 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.0136$$

$$p_3^2 = [0.2806, 0.0204, 0.1195, 0.1195, 0.1195, 0.1195, 0.0658, 0.0658, 0.0658, 0.0237]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума FIFO:

$$\begin{bmatrix} - & 7 & 3 & 4 & 2 & 1 & 5 & 6 & 5 & 4 \\ & - & 1/5 & 1/4 & 1/6 & 1/8 & 1/3 & 1/2 & 1/3 & 1/4 \\ & & - & 2 & 1/2 & 1/3 & 3 & 4 & 3 & 2 \\ & & & - & 1/3 & 1/5 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ & & & & - & 1/2 & 4 & 6 & 4 & 3 \\ & & & & & - & 5 & 6 & 5 & 4 \\ & & & & & & - & 2 & 1 & 1/2 \\ & & & & & & & - & 1/2 & 1/3 \\ & & & & & & & & - & 1/2 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.067$$

$$p_4^2 = [0.2308, 0.0204, 0.1056, 0.067, 0.1508, 0.2388, 0.0442, 0.0238, 0.0442, 0.0690]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума превентивно одржавање:

$$\begin{bmatrix} - & 8 & 7 & 9 & 7 & 5 & 2 & 9 & 2 & 9 \\ & - & 1/2 & 2 & 1/2 & 1/5 & 1/2 & 1/6 & 1/8 & 2 \\ & & - & 3 & 1 & 1/3 & 1/5 & 3 & 1/5 & 3 \\ & & & - & 1/3 & 1/5 & 1/7 & 1 & 1/7 & 1 \\ & & & & - & 1/3 & 1/6 & 2 & 1/5 & 3 \\ & & & & & - & 1/4 & 6 & 1/4 & 6 \\ & & & & & & - & 7 & 1 & 8 \\ & & & & & & & - & 1/8 & 1 \\ & & & & & & & & - & 8 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.0821$$

$$p_1^3 = [0.2931, 0.0313, 0.0493, 0.0212, 0.0453, 0.1039, 0.1917, 0.0365, 0.2077, 0.0201]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума организација радног места:

$$\begin{bmatrix} - & 9 & 9 & 9 & 8 & 8 & 8 & 9 & 8 & 8 \\ & - & 1 & 1 & 1 & 1 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ & & - & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ & & & - & 1 & 1 & 1 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ & & & & - & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ & & & & & - & 1 & 2 & 1 & 1 \\ & & & & & & - & 2 & 1 & 1 \\ & & & & & & & - & 1/2 & 1/2 \\ & & & & & & & & - & 1 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.01084$$

$$p_2^3 = [0.4746, 0.0464, 0.0495, 0.0495, 0.0610, 0.0610, 0.0658, 0.0404, 0.0758, 0.0758]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума континуално побољшање:

$$\begin{bmatrix} - & 7 & 7 & 8 & 7 & 4 & 6 & 7 & 5 & 9 \\ & - & 1 & 2 & 1 & 1/5 & 1/2 & 2 & 1/3 & 3 \\ & & - & 2 & 1 & 1/5 & 1/2 & 1 & 1/3 & 3 \\ & & & - & 1/2 & 1/6 & 1/5 & 1/2 & 1/4 & 2 \\ & & & & - & 1/7 & 1/2 & 1 & 1/3 & 3 \\ & & & & & - & 3 & 4 & 2 & 5 \\ & & & & & & - & 2 & 1/2 & 4 \\ & & & & & & & - & 1/3 & 3 \\ & & & & & & & & - & 4 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.0898$$

$$p_3^3 = [0.3636, 0.0507, 0.0461, 0.0277, 0.0451, 0.1869, 0.0818, 0.0515, 0.1134, 0.0334]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума испорука у право време:

$$\begin{bmatrix} - & 9 & 3 & 4 & 4 & 2 & 5 & 2 & 3 & 6 \\ & - & 1/6 & 1/5 & 1/5 & 1/8 & 1/4 & 1/8 & 1/7 & 1/3 \\ & & - & 2 & 2 & 1/2 & 4 & 1/2 & 1 & 5 \\ & & & - & 1 & 1/3 & 2 & 1/3 & 1/2 & 4 \\ & & & & - & 1/3 & 2 & 1/3 & 1/2 & 4 \\ & & & & & - & 5 & 1 & 2 & 8 \\ & & & & & & - & 1/5 & 1/4 & 2 \\ & & & & & & & - & 2 & 5 \\ & & & & & & & & - & 4 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.0306$$

$$p_4^3 = [0.2459, 0.0157, 0.1054, 0.0650, 0.0621, 0.1720, 0.0384, 0.1643, 0.1047, 0.0265]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума дизајнирање и одобрење модела:

$$\begin{bmatrix} - & 9 & 6 & 7 & 7 & 8 & 5 & 4 & 5 & 7 \\ & - & 1/4 & 1/3 & 1/3 & 1/2 & 1/5 & 1/7 & 1/5 & 1/3 \\ & & - & 2 & 2 & 3 & 1/2 & 1/4 & 1/2 & 2 \\ & & & - & 1 & 2 & 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1 \\ & & & & - & 2 & 1/3 & 1/4 & 1/3 & 1 \\ & & & & & - & 1/4 & 1/7 & 1/5 & 1/2 \\ & & & & & & - & 1/2 & 1 & 3 \\ & & & & & & & - & 2 & 4 \\ & & & & & & & & - & 3 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.0443$$

$$p_1^4 = [0.3630, 0.0198, 0.0694, 0.0436, 0.0443, 0.0279, 0.1035, 0.1783, 0.1064, 0.0443]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума управљање ланцем снабдевања:

$$\begin{bmatrix} - & 8 & 4 & 6 & 6 & 3 & 7 & 7 & 4 & 8 \\ & - & 1/7 & 1/5 & 1/5 & 1/8 & 1/4 & 1/4 & 1/3 & 1/3 \\ & & - & 3 & 3 & 1/2 & 6 & 6 & 1 & 7 \\ & & & - & 1 & 1/4 & 2 & 2 & 1/3 & 4 \\ & & & & - & 1/4 & 2 & 2 & 1/3 & 3 \\ & & & & & - & 5 & 5 & 2 & 8 \\ & & & & & & - & 1 & 1/5 & 2 \\ & & & & & & & - & 1/4 & 2 \\ & & & & & & & & - & 5 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.0760$$

$$p_2^4 = [0.3190, 0.0183, 0.1385, 0.0615, 0.0590, 0.1834, 0.0377, 0.0382, 0.1192, 0.0250]$$

Матрица преферентности разматраних добављача унутар подкритеријума управљање поддобављачима:

$$\begin{bmatrix} - & 8 & 4 & 2 & 3 & 2 & 7 & 6 & 6 & 5 \\ & - & 1/6 & 1/5 & 1/6 & 1/7 & 1/2 & 1/3 & 1/3 & 1/5 \\ & & - & 3 & 1 & 1/3 & 7 & 6 & 5 & 6 \\ & & & - & 1/3 & 1/6 & 5 & 3 & 3 & 2 \\ & & & & - & 1/2 & 5 & 4 & 4 & 2 \\ & & & & & - & 7 & 6 & 6 & 5 \\ & & & & & & - & 1/2 & 1/3 & 1/3 \\ & & & & & & & - & 1 & 1/3 \\ & & & & & & & & - & 1/2 \\ & & & & & & & & & - \end{bmatrix}, \text{C.I.} = 0.0900$$

$$p_3^4 = [0.2552, 0.0160, 0.1568, 0.0777, 0.1218, 0.2352, 0.0208, 0.0301, 0.0317, 0.0460]$$

Преферентност добављача унутар сваког критеријума рачуна се према изразу (4.6). Приказана процедура је илустрована на примеру одређивање преферентности првог добављача Hutchinson ($i=1$) унутар критеријума примена lean методологије ($k=3$):

$$p_1^3 = 0.2480 \cdot 0.2931 + 0.1130 \cdot 0.4746 + 0.0547 \cdot 0.3636 + 0.5871 \cdot 0.2459 = 0.2898$$

Преферентност доваљача унутар сваког критеријума је рачуната на исти начин. Добијени резултати преферентности и ранг доваљача унутар сваког критеријума су приказани у табелама (Табела 1 до Табела 3).

Табела 1 Преферентност и ранг доваљача унутар критеријума квалитет процеса производње

Доваљачи	Преферентност	Ранг
i=1	0.2568	1
i=2	0.0406	8
i=3	0.0865	5
i=4	0.1094	4
i=5	0.0521	6
i=6	0.1936	2
i=7	0.1459	3
i=8	0.0382	9
i=9	0.0301	10
i=10	0.0472	7

Табела 2 Преферентност и ранг доваљача унутар критеријума ток материјала

Доваљачи	Преферентност	Ранг
i=1	0.2690	1
i=2	0.0308	10
i=3	0.1019	4
i=4	0.0781	6
i=5	0.1259	3
i=6	0.1756	2
i=7	0.0816	5
i=8	0.0444	9
i=9	0.0732	7
i=10	0.0486	8

Табела 3 Преферентност и ранг доваљача унутар критеријума примена lean методологије

Добаљачи	Преферентност	Ранг
i=1	0.2898	1
i=2	0.0249	10
i=3	0.0821	5
i=4	0.0504	8
i=5	0.0569	7
i=6	0.1437	2
i=7	0.0819	6
i=8	0.1128	4
i=9	0.1276	3
i=10	0.0308	9

Табела 4 Преферентност и ранг добављача унутар критеријума ток информација

Добаљачи	Преферентност	Ранг
i=1	0.3413	1
i=2	0.0190	10
i=3	0.0918	3
i=4	0.0510	8
i=5	0.0575	7
i=6	0.0792	5
i=7	0.0823	4
i=8	0.1371	2
i=9	0.0765	6
i=10	0.0431	9

Укупна преферентност добављача са респектовањем свих критеријума као и њихових тежина се добија према изразу (4.7). Ова процедура је илустрована на примеру одређивања укупне преферентности добављача Contitech fluid (i=3):

$$p_3 = 0.5325 \cdot 0.0865 + 0.3357 \cdot 0.1019 + 0.0812 \cdot 0.0821 + 0.0507 \cdot 0.0918 = 0.0916$$

Укупна преферентност сваког разматраног добављача је израчуната на исти начин. Добијене вредности преферентности и ранг добављача са респектовањем свих разматраних критеријума као и њихових тежина је приказан у Табели 5.

Табела 5 Укупна преферентност и ранг добављача

Добаљачи	Преферентност	Ранг
i=1	0.2679	1
i=2	0.0349	10
i=3	0.0916	4
i=4	0.0912	5
i=5	0.0776	6
i=6	0.1777	2
i=7	0.1159	3
i=8	0.0514	8
i=9	0.0548	7
i=10	0.0461	9

5.1 Дискусија

У овој секцији приказана је дискусија добијених резултата.

На основу добијеног резултата може да се закључи да најважнији критеријум према којем се оцењују и бирају добављачи је критеријум квалитет процеса производње ($\kappa=1$). На другом месту у рангу се налази критеријум ток материјала ($\kappa=2$). Последња два разматрана критеријума, примена леан методологије ($\kappa=3$) и ток информација ($\kappa=4$) имају значајно мању важност за избор добављача у поређењу са првим и другим критеријумом.

Унутар критеријума процес производње ($\kappa=1$) идентификована су четири подкритеријума као што је приказано у претходној Секцији. Најважнији подкритеријум разматраног критеријума је капацитет и квалитете ($j=4$). Овај подкритеријум је строго важнији од

подкритеријума управљање програмом и временски распоред ($j=1$) и подкритеријума управљање алатом и опремом ($k=3$). На основу добијених вредности тежина ових подкритеријума може да се закључи да подкритеријум који је означен као развој подкомпоненти има најмању важност за избор добављача у посматраном ланцу снабдевања аутомобилске индустрије.

Највећи, односно најмањи утицај на избор добављача унутар критеријума ток материјала ($k=2$) има подкритеријум правила реда чекања ($j=4$), односно дијаграм тока процес ($j=1$). Други у рангу се налази подкритеријум следљивост и дентификација делова ($j=3$) а трећи у рангу је критеријум мониторинг ($j=2$). Може да се каже да други и трећи подкритеријум имају средњи важност са респектовањем проблема оцене и избора добављача у ауто индустрији.

Подкритеријуми критеријума примена леан методологије ($k=3$) су ранжирани у следећем редоследу: испорука у право време ($j=4$), подкритеријум превентивно одржавање ($j=1$), организација радног места ($j=2$), и на последњем месту у рангу се налази континуално побољшање ($j=3$).

Важност подкритеријума управљање ланцем снабдевања ($j=2$) и управљање поддобављачима ($j=3$) је једнака и значајно је мања од важности подкритеријума дизајнирање и одобрење модела ($j=1$) који су дефинисани унутар критеријума ток информација ($k=4$).

Преферентност добављача који се налазе на првом, другом и трећем месту у рангу је доминатно већа у односу на преферентности осталих разматраних добављача. Може да се каже да са респектовањем овог подкритеријума следећи добављачи су важни за посматрану компанију: Hutchinson ($i=1$), Contitech automotive ($i=4$), и Teklas ($i=6$).

Са респектовањем подкритеријума управљање алатом и опремом најбољи је добављач Kautex ($i=7$). На другом месту у рангу се налази добављач Hutchinson ($i=1$). На основу добијених вредности преферентности разматраних добављача унутар овог подкритеријума може да се каже да менаџмент треба да разматра и следеће добављаче као потенцијалне добављаче: Norma Grupa ($i=2$) и Contitech automotive ($i=4$). Остали добављачи имају веома малу преферентност унутар овог подкритеријума.

Анализом резултата израчунате преферентности добављача унутар овог подкритеријума јасно може да се закључи да следећи добављачи имају једнаку преферентност: Hutchinson ($i=1$), Norma Grupa ($i=2$), Contitech fluid ($i=3$) и она је значајно већа од преферентности осталих разматраних добављача. Другим речима, када се оцењују добављачи унутар подкритеријума развој подкомоненти може да се каже да су за менаџмент важна само ова три добављача.

На првом, другом и трећем месту у рангу налазе се добављачи: Teklas ($i=6$), Hutchinson ($i=1$), , и Kautex ($i=7$), респективно. Ови добављачи имају готово једнаку преферентност ако се разматра капацитет и квалитет. Остали разматрани добављачи имају значајно мању вредност капацитета и квалитета.

На првом, другом и трећем месту у рангу налазе се добављач Hutchinson ($i=1$). На другом месту у рангу је добављач, Kautex ($i=7$), мада има значајно мању преферентност у односу на добављача који се налази први у рангу. Сви остали разматрани добављачи су значајно лошији у поређењу са ова два добављача када се респектује подкритеријум ток процеса.

Доваљачи којима су придружене највеће вредности преферентности унутар овог подкритеријума су: Hutchinson ($i=1$)-0.2789, Kautex ($i=7$)-0.2107, и Flexitech ($i=9$)-0.2088. Респектујући израчунате вредности преферентности може да се закључи да остали добављачи нису значајни за менаџмент снабдевања када респектују овај подкритеријум.

Анализом матрице преферентности унутар подкритеријума који је означен као следљивост и идентификација делова, добављач који се налази на првом месту је Hutchinson ($i=1$). Портфолио добављача унутар овог подкритеријума осим добављача који се налази на првом месту треба увститити и добављаче који се налазе на другом месту чија је преферентност 0.1195 а то су: Contitech fluid ($i=3$), Contitech automotive ($i=4$), Contitech silicon ($i=5$), Teklas ($i=6$). Вредност преферентности осталих добављача је значајно мања од вредности преферентности добављача који се налазе на првом и другом месту па исти не треба да се разматрају као значајни добављачи унутар овог подкритеријума.

Највећу преферентност унутар подкритеријума унутар подкритеријума FIFO су добављачи Teklas ($i=6$) и Hutchinson ($i=1$). Може да се кае да значајне вредности преферентности су придружене и добављачима Contitech silicon ($i=5$) и Contitech fluid ($i=3$). Ови добављачи чине портфолио добављача унутар овог подкритеријума. Остали разматрани добављачи готово да немају никакву важност унутар разматраног подкритеријума.

Портфолио доваљаћа унутар подкритеријума који је означен као превентивно одржавање чине добављачи којима су придружене блиске вредности преферентности. Ови добављачи су: Hutchinson ($i=1$), Teklas ($i=6$) и Kautex ($i=7$). Преферентност осталих добављача је значајно мања тако да се може сматрати да нису значајни са респектовањем овог подкритеријума.

Респектујући подкритеријум организација радног места доминантно најбољи добављач је Hutchinson ($i=1$), Узимајући у обзир израчунате вредности преферентности може да се каже да остали добављачи готово да немају значај за менаџере снабдевања са аспекта овог подкритеријума.

Са аспекта критеријума који је означен као континуално побољшање најбољи добављач је Hutchinson ($i=1$). Значајне вредности преферентности имају и добављачи који се налазе на другом, односно трећем месту у рангу: Teklas ($i=6$) и Flexitech ($i=9$), респективно.

Доваљачи који се налазе од четвртог до последњег места у рангу имају веома мале вредности преферентности тако да се може сматрати да ове доваљаче не треба узимати у обзир при дефинисању портфолија и под претпоставком да се разматра само овај подкритеријум.

На првом месту у рангу са респектовањем подкритеријума који је означен као испорука у право време је доваљач Hutchinson ($i=1$). Треба напоменути да доваљачима: Teklas ($i=6$), Elmeg ($i=8$), Contitech fluid ($i=3$) и Flexitech ($i=9$) су придружене значајне вредности преферентности. Другим речима, сви горе наведени доваљачи чине потфолио доваљача унутар овог подкритеријума.

На првом месту у рангу са респектовањем подкритеријума који је означен као дизајнирање и одобрење модела је доваљач Hutchinson ($i=1$). Доваљачи као што су: Elmeg ($i=8$), Flexitech ($i=9$) и Kautex ($i=7$) имају значајне вредности преферентности унутар разматраног подкритеријума. Може да се каже да су ови поменути доваљачи значајни за менаџере снабдевања унутар подкритеријума дизајнирање и одобрење модела.

Доваљачи којима је придружена готово иста мера преферентности налазе се од првог до четвртог места у рангу: Hutchinson ($i=1$), Teklas ($i=6$), Contitech fluid ($i=3$) и Flexitech ($i=9$). Ови доваљачи су најважнији са аспекта разматраног подкритеријума. Сви остали доваљачи из скупа могућих доваљача имају значајно мање вредности преферентности и готово су безначајни са аспекта подкритеријума управљање ланцем снабдевања.

На првом месту у рангу са респектовањем подкритеријума управљање поддоваљачима налази се доваљач Hutchinson ($i=1$) коме је придружена вредност преферентности од 0.2552. Доваљач Teklas ($i=6$) се налази на другом месту у рангу и има готово исту преферентност као и доваљач који се налази на првом месту у рангу. Мера преферентности овог доваљача је 0.2352. Може да се закључи да су ова два доваљача најбоља са респектовањем разматраног подкритеријума. Анализом матрице

преферентности јасно може да се закључи да је неопходно да се разматрају и добављачи који се налазе на трећем и четвртом месту у рангу: Contitech fluid ($i=3$) и Contitech silicon ($i=5$), респективно. Вредности њихових преферентности су мање али не значајно мање од вредности преферентности добављача који се налазе на прва два места у рангу. Добијене вредности преферентности осталих добављача из скупа могућих добављача су значајно мање тако да њих не треба узимати у обзир када се дефинише потфориоло добављача унутар овог подкритеријума.

На основу добијене вредности преферентности унутар критеријума квалитет процеса производње ($k=1$) може да се одреди ранг добављача. На првом месту у рангу се налази добављач Hutchinson ($i=1$). На другом, трећем и четвртом месту у рангу се налазе добављачи чија је преферентност значајна са респектовањем разматраног критеријума. Ови добављачи су: Teklas ($i=6$), Kautex ($i=7$) и Contitech automotive ($i=4$). На последњем месту у рангу се налази добављач Flexitech ($i=9$). Треба нагласити да вредности преферентности добављача: Elmeg ($i=8$) и Norma Grupa ($i=2$) је веома блиска вредности преферентности добављача који се налази на последњем месту у рангу. Другим речима, ова три добављача су најмање значајна са аспекта критеријума квалитет процеса производње.

Најбољи добављач унутар критеријума ток материјала ($k=2$) је добављач који се налази на првом месту у рангу, Hutchinson ($i=1$). На другом месту у рангу се налази добављач Teklas ($i=6$). Израчуната вредност преферентности овог добављача је мања од преферентности добављача Hutchinson ($i=1$). На трећем и четвртом месту у рангу се налазе добављачи Contitech silicon ($i=5$) и Contitech fluid ($i=3$), чије вредности преферентности су блиске. Треба нагласити да је апсолутна разлика вредности преферентности између добављача који се налази на првом односно другом месту значајно већа од разлике преферентности осталих добављача који се налазе на два узастопна места у рангу. Респектујући ову чињеницу, менаџери снабдевања могу сматрати да добављач Hutchinson ($i=1$) је доминантно најзначајнији са респектовањем критеријума ток материјала. Разлика преферентности добављача који се налази на другом и шестом месту у рангу је приближно једнака разлици

преферентности добављача који се налазе на првом и другом месту у рангу. У циљу повећања сигурности снабдевања, портфолио добављача унутар овог критеријума треба да обухвати осим добављача који се налазе на прва четири места у рангу и добављаче који се налазе на петом и шестом месту у рангу, Kautex ($i=7$) и Contitech automotive ($i=4$).

Преферентност првог добављача, Hutchinson ($i=1$) је највећа са респектовањем критеријума примена lean методологије. На другом, трећем и четвртом месту у рангу налазе се добављачи Teklas ($i=6$), Flexitech ($i=9$) и Elmeg ($i=8$), респективно, Разлика између израчунатих вредности преферентности ова два добављача је веома мала па се може сматрати да су они подједнако значајни са респектовањем разматраног критеријума. Разлика преферентности између добављача који се налази први у рангу и добављача који се налази девети у рангу приближно је једнака разлици преферентности између добављача који се налази први и добављача који је други у рангу. Стога, унутар овог критеријума може да се каже да је доминантно најважнији добављач Hutchinson ($i=1$). Такође да портфолио добављача чине сви добављачи осим добављача који се налази на последњем месту у рангу, Norma Grupa ($i=2$).

На првом, односно другом месту у рангу налазе се добављачи Hutchinson ($i=1$) и Elmeg ($i=8$), респективно. Треба напоменути да је разлика преферентности ова два добављача веома велика. На основу ових података може се закључити да је Hutchinson ($i=1$) доминантно најбољи добављач унутар критеријума током информација. До сличног закључка може да се дође ако се посматрају добављачи који су на другом и трећем месту у рангу, Elmeg ($i=8$) и Contitech fluid ($i=3$). Преферентност добављача који се налазе од трећег до шестог места у рангу, Contitech fluid ($i=3$), Kautex ($i=7$), Teklas ($i=6$) и Flexitech ($i=9$) готово је једнака. Добављачи који се налазе на седмом, осмом и деветом месту у рангу, Contitech silicon ($i=5$), Contitech automotive ($i=4$) и Standard profil ($i=10$) имају подједнаку значајност за менаџере снабдевања са аспекта критеријума током информација. Узимајући у обзир израчунате вредности преферентности може да се каже да је значајност ових добављача занемарљива у односу на добављача који се налази први у рангу, Hutchinson ($i=1$). На последњем месту у

рангу се налази добављач Norma Grupa ($i=2$) и може се сматрати да је он готово безначајан са аспекта овог критеријума.

Разлика укупне преферентности добављача који се налазе на првом и другом месту у рангу, Hutchinson ($i=1$) и Teklas ($i=6$), респективно готово је једнака као и разлика преферентности добављача који се налазе на другом и трећем месту у рангу, Teklas ($i=6$) и Kautex ($i=7$), респективно. На основу ове анализе може да се закључи да је добављач Hutchinson ($i=1$) доминантно најбољи са респектовањем свих разматраних критеријума као и њихових тежина. Како преферентности добављача Teklas ($i=6$) и Kautex ($i=7$) следи да је пожељно да се и ови добављачи разматрају при одређивању порфолија добављача за разматрани ланац снабдевања ауто индустрије. Добављачи који се налазе на четвртом и петом месту у рангу Contitech fluid ($i=3$) и Contitech automotive ($i=4$), респективно имају готово једнаку преферентност. У циљу повећања поузданости снабдевања неопходно је да се и ови добављачи разматрају. Разлика преферентности добављача који се налази на шетом месту у рангу, Contitech silicon ($i=5$), и добављача који се налазе на четвртом односно петом месту у рангу је готово једнака као и разлика преферентности добављача који се налазе на четвтом односно петом месту у рангу и добављача који се налази на трећем месту у рангу. Ова информација може да буде корисна менаџерима снабдевања у случају да један или више добављача који се налазе од првог до шестог места у рангу не желе да наставе кооперацију са разматраним ланцем снабдевања. Добављачи који се налазе на седмом односно осмом месту у рангу, Flexitech ($i=9$) и Elmeg ($i=8$) имају приближно једнаку укупну преферентност. Узимањем у обзир вредности укупне преферентности може да се каже да добављаче Standard profil ($i=10$) и Norma Grupa ($i=2$) не треба умрежити у ланац снабдевања.

Добијени резултати коришењем АХП методе се поклапају са методологијом избора добављача у разматраној ауто компанији. На основу добијених резултата може да се одреди портфолио добављача за нови пројекат.

6. Закључак

Повезивање предузећа у ланац снабдевања омогућава предузећима да ефикасније и ефективније послују, односно да у већој мери оставрују пословне циљеве. Овај облик организовања предузећа је посебно применљив и неопходан у аутомобилској индустрији. Аутомобил је скуп производ који настаје у многобројним и разноликим пословним активностима које су веома међусобно повезане. Циљеви формирања ланца снабдевања су стварање конкурентне позиције на тржишту, обезбеђивање сигурности пословања и остваривање профита. Значајан бенефит пословања предузећа у склопу ланца снабдевања је размена искуства и знања са осталим ентитетима у ланцу, као и заједничко деловање на превазилажењу проблема.

Један од најважнијих задатака на стратегијском нивоу менаџмента је оцена и избор добављача. На основу резулата оцењивања добављача, доносиоци одлуке дефинишу стратегију снабдевања. Сматра се да добављачи и менаџмент ланца снабдевања треба да има добру комуникацију, правовремену реакцију, што даље доводи до правилне координације између предузећа које међусобно сарађују као и што бржи и бољи пласман крајњем купцу. Оставривање партнерског односа са добављачима је неопходно да би се успешно реализовали многобројни пословни циљеви. Грађење партнерског односа може да се реализује корак по корак или на почетку разматраног временског периода који је најчешће једна година. На основу резултата бенцмаркинга може да се каже да на нивоу сваког производног ланца снабдевања аутомобилске индустрије је дединисана процедура за оцену и избор доваљача. Ове процедуре се међусобно разликују. Једна од главних недостатак разматраних процедура је процена преферентности добављача унутар непрецизних критеријума. Менаџмент предузећа своје процене у развијеним процедурама пресликава на унапред дефинисану скалу мера. У разматраним процедурама скале мера нису јединствене. Такође, критеријуми према којима се оцењују добављачи могу да буду бенефитног и трошковног типа, што је неопходно да се узме у разматрање када се врши процена преферентности добављача. Може да се закључи да процена ваљаности добављача када се користе развијене процедуре у високој мери зависе од знања, искуства и концентрације донсилаца одлуке. Ово се може означити као главни недостатак развијених процедура.

У овом мастер раду, оцена и избор добављача је постављен као задатак више-критеријумске оптимизације. Критеријуми дефинисани на основу процедуре која се користи у једном ланцу снабдевања аутомобилске индустрије, они су: 1) квалитет процеса производње, 2) ток материјала, 3) примена леан методологије, и 4) ток информација. Сматра се да разматрани критеријуми су сложени и да могу да се декомпонују на под критеријуме. Познато је да ако проблем одлучивања има хијерархијску структуру, као проблем који је разматран у овом мастер раду, метода избора је АНР. Стога у овом раду је избор добављача заснован на примени ове методе више-критеријумске оптимизације. У овом раду разматрају се добављачи од којих се набављају делови од гуме. На основу података из евиденције, установљено је да се разматрају десет добављача.

Допринос рада се састоји у: 1) избору критеријума и подкритеријума јер су они успостављени стандардима и егзакним условима од стране купца према добављачима и под добављачима, 2) коришћењу егзактне методе у оцени добављача, где је тестирани модел представљао велики узорак у реалном систему, 3) поређењу добијених резултата датог модела са конкретним резултатима модела који се примњује у разматраном предузећу.

Поред горе наведених предности модел има и недостатке. У пракси све зависи од субјективне процене менаџера и његовог оцењивања вредности критеријума, под критеријума и међусобно добављача. Такође избор критеријума, могуће је да би критеријуми у другим индустријама били различити.

Будућа истраживања се односе на проширење модела у смислу критеријума и могућност примене у другим врстама индустрија.

Литература

- [1] Lummus, R. R. & Vokura, R. J. (1999). Defining Supply Chain Management: A Historical Perspective and Practical Guidelines, *Industrial Management & Data Systems*, 99(1): 11-17.
- [2] Анђелковић, А. (2015). *Управљање ризицима ланца снабдевања у циљу повећања његове отпорности*, Докторска дисертација, Економски факултет, Универзитет у Нишу, Република Србија.
- [3] Delfmann, W. & Albers, S. (2000). *Supply Chain Management in the Global Context*, Working Paper No. 102 of Dept. of General Management, Business Planning and Logistics of the University of Cologne, Cologne.
- [4] Bošković, J. (2013). *Upravljanje lancima snabdevanja*, 40. Nacionalna Konferencija o Kvalitetu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac.
- [5] Chopra, S. & Meindl, P. (2009). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*, Prentice Hall.
- [6] Harrison, A. & Van Hoek, R. (2008). *Logistics Management and Strategy: Competing Through the Supply Chain*, Prentice Hall.
- [7] Ganeshan, R. & Harrison T. P. (1995). *An Introduction to Supply Chain Management*, Penn State University, USA.
- [8] Cavinato J. L. (1992). A total cost/value model for supply chain competitiveness, *Journal of Bussines Logistics*, 13(2), 285-301.

- [9] Towill, D. R., Naim, M., Winker, J. (1992). Industrial Dynamics Simulation Models in the Design of Supply Chains, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, vol. 22, no. 5, pp. 3-13.
- [10] Frazelle, E. (2002). *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*, McGraw-Hill, New York, USA.
- [11] Lambert, D. M., Cooper, M. C., Pagh, J. D. (1998). Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 9, No. 2.
- [12] Rapačić, S. (2010). Unapređenje menadžmenta lanca snabdevanja kroz klastere, *Montenegrin Journal of Economics*, No. 11.
- [13] Christopher, M. (2011). *Logistics & Supply Chain Management*, Prentice Hall.
- [14] Mentzer, J. T., De Witt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D. & Zacharia Z. G. (2001). Defining Supply Chain Management, *Journal of Bussines Logistics*, 22(2): 1-25.
- [15] Cooper, M. C., Ellram, L. (1993). Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 4 Issue: 2, pp.13-24.
- [16] Thomas, J. D., Griffin, M. P. (1996). Coordinated supply chain management, *European Journal of Operation Research*, 94, 1-15.
- [17] Vasiljević, D. (2000). *Industrijska logika*, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
- [18] Vlajić, J., Vidović, M., Miljuš, M. (2005). *Lanci snabdevanja – definisanje i performanse*, Saobraćajni fakultet, Beograd, Republika Srbija.
- [19] Elliot, B. (2012). The seven principles of supply chain management, *Journal of Supply Chain Management* – Vol. 6, No 1.
- [20] Коматина, Н. (2015). *Модел за одређивање ефикасности пословања производног ланца снабдевања*, Мастер рад, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, Република Србија.
- [21] Vidal, C. J., & Goetschalckx, M. (1997). Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models. *European journal of operational research*, 98(1), 1-18.
- [22] Tam, M. C., & Tummala, V. R. (2001). An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. *Omega*, 29(2), 171-182.
- [23] Chan, F. T., Kumar, N., Tiwari, M. K., Lau, H. C., & Choy, K. L. (2008). Global supplier selection: a fuzzy-AHP approach. *International Journal of production research*, 46(14), 3825-3857.
- [24] Chen, C. T., Lin, C. T., & Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International journal of production economics*, 102(2), 289-301.

- [25] Ayhan, M. B. (2013). A fuzzy AHP approach for supplier selection problem: A case study in a Gear motor company. *arXiv preprint arXiv:1311.2886*.
- [26] Heidarzade, A., Mahdavi, I., & Mahdavi-Amiri, N. (2016). Supplier selection using a clustering method based on a new distance for interval type-2 fuzzy sets: A case study. *Applied Soft Computing*, 38, 213-231.
- [27] Ho, W., & Ma, X. (2017). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*.
- [28] Torfi, F., Farahani, R. Z., & Rezapour, S. (2010). Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives. *Applied Soft Computing*, 10(2), 520-528.
- [29] Tadic, D., Milanovic, D. D., Misita, M., & Tadic, B. (2011). New integrated approach to the problem of ranking and supplier selection under uncertainties. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 225(9), 1713-1724.
- [30] Chen, Z., & Yang, W. (2011). An MAGDM based on constrained FAHP and FTOPSIS and its application to supplier selection. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(11-12), 2802-2815.
- [31] Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S. S., & Thakur, L. S. (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain. *Expert systems with applications*, 39(9), 8182-8192.
- [32] Tadić, D., Stefanović, M., & Aleksić, A. (2014). The evaluation and ranking of medical device suppliers by using fuzzy topsis methodology. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 27(4), 2091-2101.
- [33] Hwang, C., L., Yoon, K., (1981). Multiple Attribute Decision making: Methods and Applications, Springer, Berlin.
- [34] Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- [35] Haker, T. P. (1998). *The Art and Science of Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*, University of Pennsylvania, USA.
- [36] Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill.