

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустријски инжењеринг

Предмет: Организација рада

Број индекса: 37/2012

Стефан Н. Аксентијевић

Оцена утицаја уређаја за рециклажу на животну средину у фази процеса израде прототипа применом ELECTRE методе

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. _____
2. _____
3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

разуме значај процеса рециклаже првехствено са аспекта заштите животне средине. Од кандидата се очекује да идентификује врсте отпада које настају у процесу израде прототипа. Применом методе за оцењивање животног циклуса производа (LCA) се врши идентификација отпада у разматраном процесу. Оцењивање вредности третираних врста отпада у процесу израде прототипа је постављено као задатак групног одлучивања. Кандидат треба да разуме различите начине агрегација индивидуалних мишљења доносиоца одлука. Оцењивање различитих врста отпада на третиране елементе животне средине кандидат треба да постави као задатак више-атрибутивног одлучивања. Применом методе ELECTRE, одређује се ранг идентификованих врста отпада на сваки елемент животне средине, симултано. Такође, добија се и ранг врста отпада када се сви елементи животног циклуса посматрају истовремено. Кандидат треба да разуме добијене резултате и да на основу њих може да пропише мере за побољшање квалитета животне средине.

Препоручена литература:

[1] M. Rogers and M. Bruen. Choosing realistic values of indifference, preference and veto thresholds for use with environmental criteria within ELECTRE.

[2] Тадић, Д., (2009). *Операциона истраживања у управљању производњом*. Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет у Крагујевцу.

[3] Agarski, B., (2014). *Razvoj sistema za intelignetnu višekriterijumsku procenu opterećenja životne sredine kod ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa*. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Крагујевац, 7.07.2015

ментор:

Данијела Тадић, редовни професор

Резиме:

У овом раду, анализирани су утицаји разне врсте отпада, у зависности од њихових карактеристика које утичу на здравље и животну средину. Бавићемо се заштитом животне средине, узимајући у обзир три њена кључна елемента (воду, ваздух и тле), где ћемо отпад који утиче на средину оцењивати помоћу ELECTRE методе. У процесу израде прототипа за рециклажу, чланови тима имају исту важност, тако када тезина отпада која се посматра има подједнаку важност. Циљ свега овога јесте да се одреди која врста отпада има највећи утицај на животну средину, како би предузели мере ради њене заштите.

Кључне речи : отпад, ELECTRE метода, животна средина, заштита

Abstract:

In this work, the influence of different types of waste was analyzed, in dependence of their characteristic that effect on health and environment. The environmental protection will be considered, talking about three key elements (water, air, ground), where the waste that affects the environment will be assessed by ELECTRE method. In the process of prototype manufacturing for recycling, team members have the same importance, so that the waste weight observed has got the equal meaning. The aim is to determine which kind of waste has the biggest influence on environment in order to take steps for its protection.

Key words : waste, ELECTRE method, environment, protection.

Садржај

	стр.
Резиме	1
1. Увод	3
2. Преглед литературе	5
2.1. Термини (ISO 14040:2008)	5
2.2 Метода оцењивања животног циклуса (LCA метода)	7
2.3. ELECTRE метода	10
3. Поставка проблема	11
4. Предложени алгоритам	13
5. Илустративни пример	15
6. Дискусија и закључци	29
Литература	30

1. Увод

Последњих деценија, проблем заштите животне средине представља интересно поље истраживања у различитим доменима: економском, енергетском, индустријском и др. Заштита животне средине представља један од главних задатака људског друштва, па су људи све више укључени у решавању овог проблема. Загађење животне средине значи уништење не само дела природних вредности и ресурса, већ и уништење дела будућности наредних генерација.

Отпад најчешће настаје у индустрији. Осим индустријског отпада разликује се отпад из домаћинства (кућни) и комерцијални. Све врсте отпада утичу на животну средину. Колико је отпад штетан показује и време потребно за разградњу појединих врста отпада:

- Органски отпад - 3 до 12 месеци
- Алуминијумске лименке- 10 до 100 година
- Пластичне кесе- 100 до 1000 година
- Стаклене боце- 4000 година
- Стиропор- никада.

Предмет овог рада може да се дефинише као испитивање утицаја на животну средину компонената који учествују у фази процеса израде прототипа. Ова фаза животног циклуса има веома значајну улогу у настанку производа, јер се њеном реализацијом добија прототип које је полазна тачка ка изради производа. Кад год постоји израда, поред добијеног производа, постоји и отпад. Може се закључити да процес израде прототипа значајно утиче у нарушавању животне средине, тако да би било од великог значаја пронаћи начин за смањење тог штетног утицаја.

Сваки производ има свој животни циклус, који се састоји од следећих фаза:

1. фаза пројектовања
2. **фаза израде прототипа**
3. фаза производње
4. фаза експлоатације
5. фаза рециклаже или депоновања

Да би проблем могао системски да се решава, потребно је ову фазу, односно процес израде прототипа, посматрати као један цео процес. Уколико се ова фаза посматра као један цео процес могу се издвојити подпроцеси у циљу одређивања утицаја на животну средину, отпада који настаје у овој фази животног циклуса.

Процес израде прототипа уређаја за рециклажу може да се декомпонује на следеће потпроцесе:

1. Набавка материјала и делова за прототип,
2. Израда прототипа,
3. Испитивање проторипа.

Циљ овог рада јесте одредити колико свака врста отпада која настаје у свим потпроцесима разматраног процеса, има утицај на животну средину.

Да би се одредио ниво штетног утицаја појединих елемената који учествују у процесу израде прототипа, као и утицај производа, на животну средину, кроз свој цели животни циклус, користе се многе методе. Најшире коришћена је „LCA” (Life Cycle Assessment) метода – метода оцењивања животног циклуса, која је коришћена у овом раду. За квантитативно одређивање штетног утицаја улазних и излазних величина, које настају у процесу производње, на животну средину, коришћена је „ELECTRE” (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) (Roy, 1965). метода.

2. Преглед литературе

У овој глави дати су основни термини и кратка ретроспектива метода које се користе за решавање разматраног проблема.

2.1. Термини (ISO 14040:2008)

Животни циклус — Узастопне И међусобне повезане фазе система производа, од набавке сировина или добијања из природних сировина до коначног одлагања.

Оцењивање животног циклуса (LCA) — Прикупљање и вредновање података о улазима, излазима и могућим утицајима система производа на животну средину током његовог целокупног животног циклуса.

Интерпретација животног циклуса — Фаза оцењивања животног циклуса у којој се налазе анализе елемената или оцењивања утицаја или оба, вреднују у складу са утврђеним циљем и предметом, ради доносења закључака и препорука.

Процес — Скуп међусобно повезаних или међусобно делујућих активности који претвара улазне елементе у излазне. (ИСО 9000:2005)

Основни ток — Материјал или енергија која улази у систем који се посматра и који потичу из животне средине без претходне прераде од стране човека, или материјал или енергија који излазе из система који се посматра и који се одстрањују у животну средину без накнадне прераде човека.

Ток енергије — Улаз у јединични процес или систем производа, или излаз из њих, изражен у јединицама енергије.

Сировина — Примаран или секундаран материјал који се користи за производњу производа.

Напомена : Секундарни материјал обухвата рециклиране материјале.

Помоћни улаз — Узлазни материјал који се користи у јединичном процесу за производњу производа али који не чини саставни део производа.

Улаз — Производ, ток материјала или ток енергије који улазе у јединични процес.

Израз — Ток производа, материјала или енергије који напуштају јединични процес.

Граница система — Скуп критеријума који утврђују који од јединичних процеса је део система производа.

Отпад — Супстанце или објекти које онај који их поседује намерава да одложи или да се од њега очекује да их одложи.

Механизам заштите животне средине — Систем физичких, хемијских и биолошких процеса за одређену категорију утицаја, који повезује резултате анализе елемената животног циклуса са индикаторима категорије И завршеница категорије.

2.2 Метода оцењивања животног циклуса (LCA метода)

Оцењивање животног циклуса врши се применом LCA методе (Life Cycle Assessment). Ова метода се може дефинисати као: Прикупљање и вредновање података о улазима, излазима и могућим утицајима система производа на животну средину током његовог целокупног животног циклуса. – SRPS ISO 14040:2008.

Данас LCA метод, који је регулисан међународним и домаћим стандардом (ISO 14040:2006, SRPS ISO 14040:2008), представља неопходан алат, како многих приватних компанија, тако и владиних агенција, приликом процене утицаја производа и технолошких процеса на животну средину.

Према стандарду (ISO 14044:2006, SRPS ISO 14044:2009), поступак спровођења LCA методе изводи се у четири фазе :

- дефинисање циља и предмета анализе
- анализа инвентара (компонената) животног циклуса
- оцењивање утицаја
- интерпретација

При дефинисању циља и предмета, и подручје примене LCA мора бити јасно дефинисано и у складу са намераваном употребом.

При дефинисању циља LCA имамо следеће ставке :

- Намеравана употреба
- Разлози за извођење студије
- Кома је намењена
- Да ли се намерава коришћење резултата студије у изјавама о поређењу које се објављује у јавности

При дефинисању предмета LCA имамо следеће ставке :

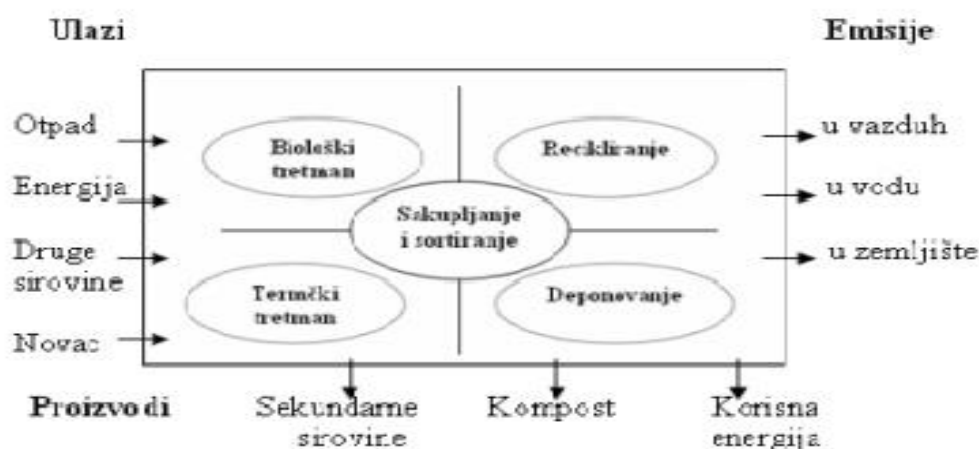
- Систем производа који је предмет студија
- Функционална јединица
- Границе Система
- Приступи алокација
- Претпоставке
- Избор вредности елемената по слободном избору
- Ограничења
- Тип и формат извештаја који се захтева за студију

Друга фаза Студије LCA - Анализа елемената животног циклуса подразумева прикупљање података и процедуру прорачуна у циљу квантификовања релевантних улаза и излаза система производа.

Фаза анализе елемената животног циклуса се састоји из следећих корака:

- припрема за прикупљање података
- прикупљање података
- поступак обрачуна
- расподела-алокација

Слика 1 - Улази и излази у односу на већ постављење границе система за оцењивање животног циклуса чврстог отпада.



Трећа фаза LCA студије јесте **оцена утицаја животног циклуса**. Ова фаза је позната под ознаком LCIA (**L**ife **C**ycle **I**mpact **A**ssessment), и у њој се врши обезбеђивање додатних информација које треба да помогну у оцењивању резултата претходне (LCI) фазе. Ова фаза има задатак да обезбеди лакше разумевање утицаја животног циклуса неког производа на животну средину.

Четврта фаза је систематски поступак за идентификовање, проверу, квалификовање и оцењивање информација добијених на основу резултата анализе елемената животног циклуса и/или оцењивања утицаја животног циклуса система производа. Резултати који су добијени у овој фази треба да буду конзистентни са дефинисаним циљем и предметом и објашњавају ограничења и обезбеђују препоруке. То је заправо процес балансирања важности утицаја одређених ефеката које производ или услуга продукује на животну средину.

Резултати ове фазе се дају у облику закључака и препорука доносиоцима одлука, а у складу са циљем и предметом студије.

Повезаност између студије LCA и других инструмената управљања животном средином је неопходна да би се истакле предности и ограничења студије LCA у односу на дефинисани циљ и предмет фазе.

2.3. ELECTRE метода

. **ELECTRE** је скраћеница за **E**limination **E**t **C**hoix **T**raduisant la **R**Eealite, што у преводу значи „елиминацију и изборно представљање стварности“. Дефинисана је од стране Bernard Roy-а 1968 године као одговор на недостатке већ постојећих метода о доношењу одлука.

Проблеми који се намећу у пракси, а односе се на немогућност одређивања строге (математичке) доминације једне акције над другом, имају потребу увођења тзв. веза вишег реда, односно, дефинисање критеријума за "механичко" додељивање ранга. Из тих разлога уведена је метода ELECTRE која се показала успешном у решавању ових проблема.

У својој примени доживела је извесне модификације и напредовање, тако да до данашњих дана, основна верзија методе евалуира у још три верзије, и то ELECTRE II, ELECTRE III и ELECTRE IV. Одређен број почетних корака за све методе је исти, а извесне разлике наступају од тренутка издвајања најприхватљивије алтернативе.

Конструкција једне или више релација рангирања циља на поређење у потпуности две алтернативе. Процедура експлоатисања користи се за објашњавање препорука добијених као

резултат прве фазе. Природа препоруке зависи о проблему (избор, рангирање или сортирање).

Конструкција релације рангирања базирана је на два главна концепта :

1. Сагласност
2. Несагласност

Релативна улога критеријума у ELECTRE методи дефинисана је са два различита скупа параметара :

коефицијенти важности и забрањени праг.

3. Поставка проблема

Процес израде прототипа је сложен и може да се декомпонује на многе подпроцесе. За сваки подпроцес се идентификују улази и отпад који се јавља на излазу сваког подпроцеса. Листа врсте отпада који представљају излаз из сваког подпроцеса тог процеса је дефинисана. Свака од ове врсте отпада утиче на животну средину (вода, ваздух и тло). Циљ овог рада јесте да се одреди која врста отпада има највећи утицај на животну средину.

Врсте отпада формално могу да се представе скупом $I = \{1, \dots, i, \dots, I\}$, где је i индекс за разматрану врсту отпада, а I је укупан број разматраних врста отпада. Свака врста отпада i , $i = 1, \dots, I$; има различит релативан утицај на сваки елемент животне средине j , $j = 1, \dots, J$; где је j индекс за елемент животне средине, а J је укупан број елемената животне средине.

Менаџмент тим (менаџер за квалитет, менаџер за заштиту животне средине и менаџер производње), процењује релативну важност врсте отпада i , $i = 1, \dots, I$; на елементе животне средине j , $j = 1, \dots, J$. Овај проблем, у овом раду, поставља се као проблем групног одлучивања. Може се претпоставити да менаџер тим не доноси одлуку консензусом. Агрегација процена чланова менаџмент тима у групни консензус добија се применом (средње вредности, Delphi метода, OWA) метода.

У литературе и пракси веома коришћена метода агрегације је Delphi метода. Delphi метода представља проширену методу округлог стола, и најчешће се користи у процесу доношења одлука.

Delphi метода се састоји из следећих корака:

Корак 1 – Свим експертима који доносе одлуке се, писаним путем, доставља опис проблема и тражи став о решењу проблема.

Корак 2 – Експерти своје ставове, писаним путем, достављају аналитичарима.

Корак 3 – Аналитичари врше обраду података, налазе средњу вредност исказаних ставова и ту добијену вредност достављају експертима писаним путем.

Корак 4 – Експерти траба да коригују своје ставове према израчунатој средњој вредности, не морају, и онда тако кориговане ставове достављају аналитичарима писаним путем.

Корак 5 – Аналитичари обрађују податке, и сматра се да је став који је добијен у другој анализи уједно и одлука разматраног проблема (експерти други пут постижу консензус).

У овом раду је коришћена Delphi метода за одређивање агрегиране вредности тежина сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, I$; на елементе животне средине j , $j = 1, \dots, J$.

У литератури може да се нађе велики број радова у којима се користе различите скале мера. Најчешће је коришћена Сатијева (Saaty, 1990) скала мера (аналогно АНП методи). Врло често се користе скала мера $[0 - 1]$ и “школска” скала мера $[1 - 5]$.

Чланови менаџмент тима користе „школску” скалу мера $[1-5]$. Другим речима, сваки члан менаџмент тима пресликава своје процене у прецизан број. На овај начин је лако и једноставно да се израчунају агрегиране вредности процена чланова менаџмент тима. Овај начин размишљања је заснован на претпоставкама конвенционалних метода ВКО (вишекритеријумска оптимизација), као на пример: АНП (Analytic Hierarchy Process; Thomas L. Saaty, 1990. године), Promethee (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations; Jean-Pierre Brans, 1980. године), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution; Yoon, Hwang, 1981. године).

Вредност утицаја сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, I$ на сваки елемент животне средине j , $j = 1, \dots, J$, у општем случају може да се добије на два начина: први начин је мерењем, а други је проценом. У разматраном проблему је готово немогуће да се вредност утицаја сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, I$ на сваки елемент животне средине j , $j = 1, \dots, J$ одреди мерењем. Због природе проблема ми реално претпостављамо да се утицај сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, I$ на сваки елемент животне средине j , $j = 1, \dots, J$ одређује на основу процена чланова менаџмент тима, који одлуку доносе консензусом. Чланови менаџмент тима у овом проблему своје процене заснивају на искуствима, подацима из литературе (најчешће) и резултатима добре праксе. Процена менаџмент тима је заснована на Сатијевој скали мера $[1 - 9]$, где вредност 1, односно вредност 9, означава да има веома малу вредност, односно екстремну вредност.

Вредност сваког елемента методе одлучивања рачуна се као приоритет важности врсте отпада i , $i = 1, \dots, I$ на сваки елемент животне средине j , $j = 1, \dots, J$, и њихове израчунате тежине. У овом раду је коришћена ELECTRE метода. Поступком нормализације све вредности елемената методе одлучивања пресликавају се у скуп реалних бројева $[0-1]$ и упоредиве су.

У литератури постоје много развијени типови нормализације: векторска нормализација, линеарна нормализација, једноставна нормализација.

У овом раду коришћена је линеарна нормализација.

4. Предложени алгоритам

Рангирањем утицаја сваке идентификоване врсте отпада на животну средину добија се применом модификоване ELECTRE методе, која може да се редукује кроз следеће кораке :

Корак 1. Одредимо процене релативне важности сваког члана менаџмент тима

$$W_{i,j}^e$$

$$i = 1, \dots, I;$$

$$j = 1, \dots, J;$$

$$e = 1, \dots, E.$$

Корак 2. Одредимо агрегирану релативну важност процена чланова менаџмент тима применом Delphi методе, $W_{i,j}$

Корак 3. Проценимо вредност утицаја $\forall i, i = 1, \dots, I$ на утицаја $\forall j, j = 1, \dots, J$,
 $V_{i,j}$

Корак 4. Конструирамо матрицу одлучивања D ,

$$D = [d_{i,j}] I \times J$$

где је : $d_{i,j} = W_{i,j}^e * V_{i,j}$ и представља отежану вредност $i = 1, \dots, I$ на сваки елемент животне средине $j, j = 1, \dots, J$.

Корак 5. Нормализујемо вредности елемената матрице одлучивања:

$$\Gamma_{i,j} = \frac{d_{i,j}^{max} - d_{i,j}}{d_{i,j}^{max} - d_{i,j}^{min}}$$

Корак 6. Одредимо скупове сагласности S_{ij} и скупове несагласности NS_{ij} .

Корак 7. Конструирамо матрицу сагласности C .

Корак 8. Израчунамо средњу вредност коефицијента сагласности.

$$\bar{c}_{sr} = \frac{1}{I*(I-1)} * \sum_{j=1}^I \sum_{i=1}^I * c_{i,j}$$

Корак 9. Конструирамо матрицу несагласности N

Корак 10. Израчунамо коефицијент несагласности.

$$\bar{n}_{sr}$$

Корак 11. Одредимо матрицу сагласне доминације M .

Корак 12. Рангирамо врсте отпада према утицају на животну средину. На првом месту у рангу се налази она врста отпада која има највећи утицај на животну средину. Важи и обрнуто.

5. Илустративни пример

У овој глави развијени алгоритам је тестиран на подацима који су добијени из реалних производних услова.

На основу искустава, података из литературе и резултата добре праксе, чланови менаџмент тима из три различита рециклажна центра (менаџер за квалитет, менаџер за заштиту животне средине и менаџер производње) износе своје процене вредности утицаја сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, I$ на сваки елемент животне средине j , $j = 1, \dots, J$. Менаџмент тим је идентификовао 9 врста отпада

Табела 1 - Процена вредности утицаја сваке врсте отпада на сваки елемент животне средине (тло, ваздух и вода)

	Врсте отпада	Тло			Ваздух			Вода		
		К	Ж	П	К	Ж	П	К	Ж	П
1.	Гориво (бензин)	3,3,2	3,2,1	1,4,4	5,4,3	4,3,1	1,2,3	3,2,2	2,1,1	2,2,1
2.	Дизел	5,4,4	4,4,2	2,2,2	8,7,5	6,5,3	3,6,7	5,3,3	3,3,1	3,2,1
3.	Органски отпад	1,1,1	2,2,1	3,2,1	3,3,2	3,1,1	2,1,2	2,1,1	1,1,1	2,2,2
4.	Синтетички отпад	4,5,3	3,4,4	4,5,6	6,5,3	4,4,3	3,4,5	3,3,2	2,3,3	4,4,3
5.	Полисинтетички отпад	2,1,3	2,3,2	3,3,3	3,3,1	1,2,1	1,1,2	2,1,2	1,1,1	2,2,2
6.	Метални отпад	3,2,2	2,3,4	4,5,5	1,1,2	1,1,3	4,4,1	3,3,4	2,4,5	6,7,3
7.	Пластични отпад	2,3,3	3,4,4	5,5,6	1,2,2	2,3,3	4,4,2	2,2,2	1,1,2	1,3,1
8.	Гумени отпад	3,2,2	4,5,3	5,6,7	2,3,2	1,2,1	1,1,4	3,4,5	3,4,3	2,3,5
9.	Средства за чишћење (ацетон, крпе...)	4,2,2	3,2,2	1,2,2	8,4,3	5,4,4	3,2,2	7,6,5	4,3,3	4,4,3
К – Менаџер за квалитет										
Ж – Менаџер за заштиту животне средине										
П – Менаџер производње										

Табела 2 – Друга процена вредности утицаја сваке врсте отпада на сваки елемент животне средине (тло, ваздух и вода)

	Врсте отпада	Тло			Ваздух			Вода		
		К	Ж	П	К	Ж	П	К	Ж	П
1.	Гориво (бензин)	3,3,3	4,3,2	3,3,3	4,3,3	3,3,2	2,3,3	2,2,2	2,2,2	2,2,2
2.	Дизел	4,4,3	4,3,3	3,3,4	6,6,6	6,5,4	5,6,6	5,3,3	3,2,2	3,2,2
3.	Органски отпад	2,2,2	2,2,1	3,2,2	2,2,2	3,1,2	2,2,2	2,2,1	2,2,2	3,2,2
4.	Синтетички отпад	4,3,4	3,4,4	4,5,5	5,5,4	4,5,4	4,5,5	3,3,2	3,3,3	3,4,3
5.	Полисинтетички отпад	3,2,3	3,3,3	3,3,4	2,2,2	2,2,1	3,2,2	2,1,2	2,2,2	3,2,2
6.	Метални отпад	4,3,3	3,4,4	4,4,4	2,2,2	1,1,3	4,4,1	3,3,4	3,4,4	4,5,4
7.	Пластични отпад	3,4,4	4,4,5	4,5,5	2,2,2	2,3,3	3,4,3	2,2,2	2,1,2	2,3,2
8.	Гумени отпад	4,3,3	4,5,4	5,5,5	2,3,2	2,2,2	2,2,3	4,4,4	4,4,4	3,4,4
9.	Средства за чишћење (ацетон, крпе...)	3,2,3	3,2,2	2,2,3	5,4,4	5,4,4	4,3,3	5,5,5	5,4,4	5,5,4
К – Менаџер за квалитет Ж – Менаџер за заштиту животне средине П – Менаџер производње										

Табела 3 - Агрегиране вредности утицаја сваке врсте отпада на сваки елемент животне средине.

	Врсте отпада	Тло	Ваздух	Вода
1.	Гориво (бензин)	3	2,9	2
2.	Дизел	3,11	5,56	2,78
3.	Органски отпад	2	2	2
4.	Синтетички отпад	4	4,56	3
5.	Полисинтетички отпад	3	2	2
6.	Метални отпад	3,7	2,22	3,78
7.	Пластични отпад	4,22	2,67	2
8.	Гумени отпад	4,22	2,22	3,89
9.	Средства за чишћење (ацетон, крпе...)	2,44	4	4,67

Вредност сваке врсте отпада зависи од процењене количине. На основу података из литературе може да се претпостави да је вредност металног отпада 0,8, пластичног отпада 0,06, гума 0,04, и остало = 0,1 (Корак 3 развијеног алгоритма).

Применом процедуре која је приказан у кораку 4 развијеног алгоритма добијају се отежане вредности сваке идентификоване врсте отпада. Матрица одлучивања је приказана у Табели 4.

Табела 4 - Матрица одлучивања.

	Врсте отпада	Тло	Ваздух	Вода
1.	Гориво (бензин)	0,3	0,29	0,2
2.	Дизел	0,311	0,556	0,278
3.	Органски отпад	0,2	0,2	0,2
4.	Синтетички отпад	0,4	0,456	0,3
5.	Полисинтетички отпад	0,3	0,2	0,2
6.	Метални отпад	2,96	1,776	3,024
7.	Пластични отпад	0,2532	0,1602	0,12
8.	Гумени отпад	0,1688	0,0888	0,1556
9.	Средства за чишћење (ацетон, крпе...)	0,244	0,4	0,467

Поступак израчунавања чланова матрице одлучивања:

$$d_{1,1} = 3 \cdot 0,1 = 0,3$$

$$d_{3,1} = 2 \cdot 0,1 = 0,2$$

$$d_{5,1} = 3 \cdot 0,1 = 0,3$$

$$d_{7,1} = 4,22 \cdot 0,06 = 0,2532$$

$$d_{9,1} = 2,44 \cdot 0,1 = 0,244$$

$$d_{2,1} = 3,11 \cdot 0,1 = 0,311$$

$$d_{4,1} = 4 \cdot 0,1 = 0,4$$

$$d_{6,1} = 3,7 \cdot 0,8 = 0,96$$

$$d_{8,1} = 4,22 \cdot 0,04 = 0,1688$$

$$d_{1,2} = 2,9 \cdot 0,1 = 0,29$$

$$d_{3,2} = 2 \cdot 0,1 = 0,2$$

$$d_{5,2} = 2 \cdot 0,1 = 0,2$$

$$d_{7,2} = 2,67 \cdot 0,06 = 0,1602$$

$$d_{9,2} = 4 \cdot 0,1 = 0,4$$

$$d_{2,2} = 5,56 \cdot 0,1 = 0,556$$

$$d_{4,2} = 4,56 \cdot 0,1 = 0,456$$

$$d_{6,2} = 2,22 \cdot 0,8 = 1,776$$

$$d_{8,2} = 2,22 \cdot 0,04 = 0,0888$$

$$d_{1,3} = 2 \cdot 0,1 = 0,2$$

$$d_{3,3} = 2 \cdot 0,1 = 0,2$$

$$d_{5,3} = 2 \cdot 0,1 = 0,2$$

$$d_{7,3} = 2 \cdot 0,06 = 0,12$$

$$d_{9,3} = 4,67 \cdot 0,1 = 0,467$$

$$d_{2,3} = 2,78 \cdot 0,1 = 0,278$$

$$d_{4,3} = 3 \cdot 0,1 = 0,3$$

$$d_{6,3} = 3,78 \cdot 0,8 = 3,024$$

$$d_{8,3} = 3,89 \cdot 0,04 = 0,1556$$

Применом линеарне нормализације (Корак 5 развијеног алгоритма) добијају се нормализоване вредности матрице одлучивања (видети Табелу 5).

Табела 5 – Нормализована матрица одлучивања

Врсте отпада	Тло	Ваздух	Вода
i=1	0,9530	0,8804	0,9724
i=2	0,9490	0,7236	0,9456
i=3	0,9888	0,9342	0,9724
i=4	0,9172	0,7827	0,9380
i=5	0,9530	0,9342	0,9724
i=6	0	0	0
i=7	0,9698	0,9578	1
i=8	1	1	0,9877
i=9	0,9731	0,8159	0,8805

Поступак израчунавања чланова нормализоване матрице одлучивања:

$$r_{1,1} = \frac{2,96-0,3}{2,96-0,1688} = \frac{2,66}{2,7912} = 0,9530 \quad r_{1,2} = \frac{2,96-0,311}{2,96-0,1688} = \frac{2,649}{2,7912} = 0,9490$$

$$r_{1,3} = \frac{2,96-0,2}{2,96-0,1688} = \frac{2,76}{2,7912} = 0,9888 \quad r_{1,4} = \frac{2,96-0,4}{2,96-0,1688} = \frac{2,56}{2,7912} = 0,9172$$

$$r_{1,5} = \frac{2,96-0,3}{2,96-0,1688} = \frac{2,66}{2,7912} = 0,9530 \quad r_{1,6} = \frac{2,96-2,96}{2,96-0,1688} = \frac{0}{2,7912} = 0$$

$$r_{1,7} = \frac{2,96-0,2532}{2,96-0,1688} = \frac{2,7068}{2,7912} = 0,9698 \quad r_{1,8} = \frac{2,96-0,1688}{2,96-0,1688} = \frac{2,7912}{2,7912} = 1$$

$$r_{1,9} = \frac{2,96-0,244}{2,96-0,1688} = \frac{2,716}{2,7912} = 0,9731$$

$$r_{2,1} = \frac{1,779-0,291}{1,779-0,0888} = \frac{1,488}{1,6902} = 0,8804 \quad r_{2,2} = \frac{1,779-0,556}{1,779-0,0888} = \frac{1,223}{1,6902} = 0,7236$$

$$r_{2,3} = \frac{1,779-0,2}{1,779-0,0888} = \frac{1,579}{1,6902} = 0,9342 \quad r_{2,4} = \frac{1,779-0,456}{1,779-0,0888} = \frac{1,323}{1,6902} = 0,7827$$

$$r_{2,5} = \frac{1,779-0,2}{1,779-0,0888} = \frac{1,579}{1,6902} = 0,9342 \quad r_{2,6} = \frac{1,779-1,779}{1,779-0,0888} = \frac{0}{1,6902} = 0$$

$$r_{2,7} = \frac{1,779-0,1602}{1,779-0,0888} = \frac{1,6188}{1,6902} = 0,9578 \quad r_{2,8} = \frac{1,779-0,0888}{1,779-0,0888} = \frac{1,6902}{1,6902} = 1$$

$$r_{2,9} = \frac{1,779-0,4}{1,779-0,0888} = \frac{1,379}{1,6902} = 0,8159$$

$$r_{3,1} = \frac{3,024-0,2}{3,024-0,12} = \frac{2,824}{2,904} = 0,9724 \quad r_{3,2} = \frac{3,024-0,278}{3,024-0,12} = \frac{2,746}{2,904} = 0,9456$$

$$r_{3,3} = \frac{3,024-0,2}{3,024-0,12} = \frac{2,824}{2,904} = 0,9724 \quad r_{3,4} = \frac{3,024-0,3}{3,024-0,12} = \frac{2,724}{2,904} = 0,9380$$

$$r_{3,5} = \frac{3,024-0,2}{3,024-0,12} = \frac{2,824}{2,904} = 0,9724 \quad r_{3,6} = \frac{3,024-3,024}{3,024-0,12} = \frac{0}{2,904} = 0$$

$$r_{3,7} = \frac{3,024-0,12}{3,024-0,12} = \frac{2,904}{2,904} = 1 \quad r_{3,8} = \frac{3,024-0,1556}{3,024-0,12} = \frac{2,8684}{2,904} = 0,9877$$

$$r_{3,9} = \frac{3,024-0,467}{3,024-0,12} = \frac{2,557}{2,904} = 0,8805$$

У шестом кораку развијеног алгоритма се одређују скупови сагласности S_{ij} и скупове несагласности NS_{ij} .

Пример одређивања скупова сагласности и несагласности.

Ако је $r_{1,1} < r_{1,2}$ онда припада скупу сагласности $S_{1,2}$ а уколико је $r_{1,1} > r_{1,2}$ онда припада скупу несагласности NS_{12}

$$r_{1,1} > r_{1,2} \wedge r_{2,1} > r_{2,2} \wedge r_{3,1} > r_{3,2} \text{ следи да је } S_{12}=\{\emptyset\} \text{ и } NS_{12}=\{k1, k2, k3\}$$

$$r_{1,1} < r_{1,3} \wedge r_{2,1} < r_{2,3} \wedge r_{3,1} > r_{3,3} \text{ следи да је } S_{13}=\{k1, k2\} \text{ и } NS_{13}=\{k3\}$$

$$r_{1,1} > r_{1,4} \wedge r_{2,1} > r_{2,4} \wedge r_{3,1} > r_{3,4} \text{ следи да је } S_{14}=\{\emptyset\} \text{ и } NS_{14}=\{k1, k2, k3\}$$

$r_{1,1} > r_{1,5} \wedge r_{2,1} < r_{2,5} \wedge r_{3,1} > r_{3,5}$ следи да је $S_{15}=\{k2\}$ и $NS_{15}=\{k1, k3\}$

$r_{1,1} > r_{1,6} \wedge r_{2,1} > r_{2,6} \wedge r_{3,1} > r_{3,6}$ следи да је $S_{16}=\{\emptyset\}$ и $NS_{16}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,1} < r_{1,7} \wedge r_{2,1} < r_{2,7} \wedge r_{3,1} < r_{3,7}$ следи да је $S_{17}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{17}=\{\emptyset\}$

$r_{1,1} < r_{1,8} \wedge r_{2,1} < r_{2,8} \wedge r_{3,1} < r_{3,8}$ следи да је $S_{18}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{18}=\{\emptyset\}$

$r_{1,1} < r_{1,9} \wedge r_{2,1} > r_{2,9} \wedge r_{3,1} > r_{3,9}$ следи да је $S_{19}=\{k1\}$ и $NS_{19}=\{k2, k3\}$

$r_{1,2} < r_{1,1} \wedge r_{2,2} < r_{2,1} \wedge r_{3,2} < r_{3,1}$ следи да је $S_{21}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{21}=\{\emptyset\}$

$r_{1,2} < r_{1,3} \wedge r_{2,2} < r_{2,3} \wedge r_{3,2} < r_{3,3}$ следи да је $S_{23}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{23}=\{\emptyset\}$

$r_{1,2} > r_{1,4} \wedge r_{2,2} < r_{2,4} \wedge r_{3,2} > r_{3,4}$ следи да је $S_{24}=\{k2\}$ и $NS_{24}=\{k1, k3\}$

$r_{1,2} < r_{1,5} \wedge r_{2,2} < r_{2,5} \wedge r_{3,2} < r_{3,5}$ следи да је $S_{25}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{25}=\{\emptyset\}$

$r_{1,2} > r_{1,6} \wedge r_{2,2} > r_{2,6} \wedge r_{3,2} > r_{3,6}$ следи да је $S_{26}=\{\emptyset\}$ и $NS_{26}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,2} < r_{1,7} \wedge r_{2,2} < r_{2,7} \wedge r_{3,2} < r_{3,7}$ следи да је $S_{27}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{27}=\{\emptyset\}$

$r_{1,2} < r_{1,8} \wedge r_{2,2} < r_{2,8} \wedge r_{3,2} < r_{3,8}$ следи да је $S_{28}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{28}=\{\emptyset\}$

$r_{1,2} < r_{1,9} \wedge r_{2,2} < r_{2,9} \wedge r_{3,2} > r_{3,9}$ следи да је $S_{29}=\{k1, k2\}$ и $NS_{29}=\{k3\}$

$r_{1,3} > r_{1,1} \wedge r_{2,3} > r_{2,1} \wedge r_{3,3} > r_{3,1}$ следи да је $S_{31}=\{\emptyset\}$ и $NS_{31}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,3} > r_{1,2} \wedge r_{2,3} > r_{2,2} \wedge r_{3,3} > r_{3,2}$ следи да је $S_{32}=\{\emptyset\}$ и $NS_{32}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,3} > r_{1,4} \wedge r_{2,3} > r_{2,4} \wedge r_{3,3} > r_{3,4}$ следи да је $S_{34}=\{\emptyset\}$ и $NS_{34}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,3} > r_{1,5} \wedge r_{2,3} > r_{2,5} \wedge r_{3,3} > r_{3,5}$ следи да је $S_{35}=\{\emptyset\}$ и $NS_{35}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,3} > r_{1,6} \wedge r_{2,3} > r_{2,6} \wedge r_{3,3} > r_{3,6}$ следи да је $S_{36}=\{\emptyset\}$ и $NS_{36}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,3} > r_{1,7} \wedge r_{2,3} < r_{2,7} \wedge r_{3,3} < r_{3,7}$ следи да је $S_{37}=\{k2, k3\}$ и $NS_{37}=\{k1\}$

$r_{1,3} < r_{1,8} \wedge r_{2,3} < r_{2,8} \wedge r_{3,3} < r_{3,8}$ следи да је $S_{38}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{38}=\{\emptyset\}$

$r_{1,3} > r_{1,9} \wedge r_{2,3} > r_{2,9} \wedge r_{3,3} > r_{3,9}$ следи да је $S_{39}=\{\emptyset\}$ и $NS_{39}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,4} < r_{1,1} \wedge r_{2,4} < r_{2,1} \wedge r_{3,4} < r_{3,1}$ следи да је $S_{41}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{41}=\{\emptyset\}$

$r_{1,4} < r_{1,2} \wedge r_{2,4} > r_{2,2} \wedge r_{3,4} < r_{3,2}$ следи да је $S_{42}=\{k1, k3\}$ и $NS_{42}=\{k2\}$

$r_{1,4} < r_{1,3} \wedge r_{2,4} < r_{2,3} \wedge r_{3,4} < r_{3,3}$ следи да је $S_{43}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{43}=\{\emptyset\}$

$r_{1,4} < r_{1,5} \wedge r_{2,4} < r_{2,5} \wedge r_{3,4} < r_{3,5}$ следи да је $S_{45}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{45}=\{\emptyset\}$

$r_{1,4} > r_{1,6} \wedge r_{2,4} > r_{2,6} \wedge r_{3,4} > r_{3,6}$ следи да је $S_{46}=\{\emptyset\}$ и $NS_{46}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,4} < r_{1,7} \wedge r_{2,4} < r_{2,7} \wedge r_{3,4} < r_{3,7}$ следи да је $S_{47}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{47}=\{\emptyset\}$

$r_{1,4} < r_{1,8} \wedge r_{2,4} < r_{2,8} \wedge r_{3,4} < r_{3,8}$ следи да је $S_{48}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{48}=\{\emptyset\}$

$r_{1,4} < r_{1,9} \wedge r_{2,4} < r_{2,9} \wedge r_{3,4} > r_{3,9}$ следи да је $S_{49}=\{k1, k2\}$ и $NS_{49}=\{k3\}$

$r_{1,5} > r_{1,1} \wedge r_{2,5} > r_{2,1} \wedge r_{3,5} > r_{3,1}$ следи да је $S_{51}=\{\emptyset\}$ и $NS_{51}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,5} > r_{1,2} \wedge r_{2,5} > r_{2,2} \wedge r_{3,5} > r_{3,2}$ следи да је $S_{52}=\{\emptyset\}$ и $NS_{52}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,5} < r_{1,3} \wedge r_{2,5} > r_{2,3} \wedge r_{3,5} > r_{3,3}$ следи да је $S_{53}=\{k1\}$ и $NS_{53}=\{k2, k3\}$

$r_{1,5} > r_{1,4} \wedge r_{2,5} > r_{2,4} \wedge r_{3,5} > r_{3,4}$ следи да је $S_{54}=\{\emptyset\}$ и $NS_{54}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,5} > r_{1,6} \wedge r_{2,5} > r_{2,6} \wedge r_{3,5} > r_{3,6}$ следи да је $S_{56}=\{\emptyset\}$ и $NS_{56}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,5} < r_{1,7} \wedge r_{2,5} < r_{2,7} \wedge r_{3,5} < r_{3,7}$ следи да је $S_{57}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{57}=\{\emptyset\}$

$r_{1,5} < r_{1,8} \wedge r_{2,5} < r_{2,8} \wedge r_{3,5} < r_{3,8}$ следи да је $S_{58}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{58}=\{\emptyset\}$

$r_{1,5} < r_{1,9} \wedge r_{2,5} > r_{2,9} \wedge r_{3,5} > r_{3,9}$ следи да је $S_{59}=\{k1\}$ и $NS_{59}=\{k2, k3\}$

$r_{1,6} < r_{1,1} \wedge r_{2,6} < r_{2,1} \wedge r_{3,6} < r_{3,1}$ следи да је $S_{61}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{61}=\{\emptyset\}$

$r_{1,6} < r_{1,2} \wedge r_{2,6} < r_{2,2} \wedge r_{3,6} < r_{3,2}$ следи да је $S_{62}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{62}=\{\emptyset\}$

$r_{1,6} < r_{1,3} \wedge r_{2,6} < r_{2,3} \wedge r_{3,6} < r_{3,3}$ следи да је $S_{63}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{63}=\{\emptyset\}$

$r_{1,6} < r_{1,4} \wedge r_{2,6} < r_{2,4} \wedge r_{3,6} < r_{3,4}$ следи да је $S_{64}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{64}=\{\emptyset\}$

$r_{1,6} < r_{1,5} \wedge r_{2,6} < r_{2,5} \wedge r_{3,6} < r_{3,5}$ следи да је $S_{65}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{65}=\{\emptyset\}$

$r_{1,6} < r_{1,7} \wedge r_{2,6} < r_{2,7} \wedge r_{3,6} < r_{3,7}$ следи да је $S_{67}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{67}=\{\emptyset\}$

$r_{1,6} < r_{1,8} \wedge r_{2,6} < r_{2,8} \wedge r_{3,6} < r_{3,8}$ следи да је $S_{68}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{68}=\{\emptyset\}$

$r_{1,6} < r_{1,9} \wedge r_{2,6} < r_{2,9} \wedge r_{3,6} < r_{3,9}$ следи да је $S_{69}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{69}=\{\emptyset\}$

$r_{1,7} > r_{1,1} \wedge r_{2,7} > r_{2,1} \wedge r_{3,7} > r_{3,1}$ следи да је $S_{71}=\{\emptyset\}$ и $NS_{71}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,7} > r_{1,2} \wedge r_{2,7} > r_{2,2} \wedge r_{3,7} > r_{3,2}$ следи да је $S_{72}=\{\emptyset\}$ и $NS_{72}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,7} < r_{1,3} \wedge r_{2,7} > r_{2,3} \wedge r_{3,7} > r_{3,3}$ следи да је $S_{73}=\{k1\}$ и $NS_{73}=\{k2, k3\}$

$r_{1,7} > r_{1,4} \wedge r_{2,7} > r_{2,4} \wedge r_{3,7} > r_{3,4}$ следи да је $S_{74}=\{\emptyset\}$ и $NS_{74}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,7} > r_{1,5} \wedge r_{2,7} > r_{2,5} \wedge r_{3,7} > r_{3,5}$ следи да је $S_{75}=\{\emptyset\}$ и $NS_{75}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,7} > r_{1,6} \wedge r_{2,7} > r_{2,6} \wedge r_{3,7} > r_{3,6}$ следи да је $S_{76}=\{\emptyset\}$ и $NS_{76}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,7} < r_{1,8} \wedge r_{2,7} < r_{2,8} \wedge r_{3,7} > r_{3,8}$ следи да је $S_{78}=\{k1, k2\}$ и $NS_{78}=\{k3\}$

$r_{1,7} < r_{1,9} \wedge r_{2,7} > r_{2,9} \wedge r_{3,7} > r_{3,9}$ следи да је $S_{79}=\{k1\}$ и $NS_{79}=\{k2, k3\}$

$r_{1,8} > r_{1,1} \wedge r_{2,8} > r_{2,1} \wedge r_{3,8} > r_{3,1}$ следи да је $S_{81}=\{\emptyset\}$ и $NS_{81}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,8} > r_{1,2} \wedge r_{2,8} > r_{2,2} \wedge r_{3,8} > r_{3,2}$ следи да је $S_{82}=\{\emptyset\}$ и $NS_{82}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,8} > r_{1,3} \wedge r_{2,8} > r_{2,3} \wedge r_{3,8} > r_{3,3}$ следи да је $S_{83}=\{\emptyset\}$ и $NS_{83}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,8} > r_{1,4} \wedge r_{2,8} > r_{2,4} \wedge r_{3,8} > r_{3,4}$ следи да је $S_{84}=\{\emptyset\}$ и $NS_{84}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,8} > r_{1,5} \wedge r_{2,8} > r_{2,5} \wedge r_{3,8} > r_{3,5}$ следи да је $S_{85}=\{\emptyset\}$ и $NS_{85}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,8} > r_{1,6} \wedge r_{2,8} > r_{2,6} \wedge r_{3,8} > r_{3,6}$ следи да је $S_{86}=\{\emptyset\}$ и $NS_{86}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,8} > r_{1,7} \wedge r_{2,8} > r_{2,7} \wedge r_{3,8} < r_{3,7}$ следи да је $S_{87}=\{k3\}$ и $NS_{87}=\{k1, k2\}$

$r_{1,8} > r_{1,9} \wedge r_{2,8} > r_{2,9} \wedge r_{3,8} > r_{3,9}$ следи да је $S_{89}=\{\emptyset\}$ и $NS_{89}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,9} > r_{1,1} \wedge r_{2,9} < r_{2,1} \wedge r_{3,9} < r_{3,1}$ следи да је $S_{91}=\{k2, k3\}$ и $NS_{91}=\{k1\}$

$r_{1,9} > r_{1,2} \wedge r_{2,9} > r_{2,2} \wedge r_{3,9} < r_{3,2}$ следи да је $S_{92}=\{k3\}$ и $NS_{92}=\{k1, k2\}$

$r_{1,9} < r_{1,3} \wedge r_{2,9} < r_{2,3} \wedge r_{3,9} < r_{3,3}$ следи да је $S_{93}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{93}=\{\emptyset\}$

$r_{1,9} > r_{1,4} \wedge r_{2,9} > r_{2,4} \wedge r_{3,9} < r_{3,4}$ следи да је $S_{94}=\{k3\}$ и $NS_{94}=\{k1, k2\}$

$r_{1,9} > r_{1,5} \wedge r_{2,9} < r_{2,5} \wedge r_{3,9} < r_{3,5}$ следи да је $S_{95}=\{k2, k3\}$ и $NS_{95}=\{k1\}$

$r_{1,9} > r_{1,6} \wedge r_{2,9} > r_{2,6} \wedge r_{3,9} > r_{3,6}$ следи да је $S_{96}=\{\emptyset\}$ и $NS_{96}=\{k1, k2, k3\}$

$r_{1,9} > r_{1,7} \wedge r_{2,9} < r_{2,7} \wedge r_{3,9} < r_{3,7}$ следи да је $S_{97}=\{k2, k3\}$ и $NS_{97}=\{k1\}$

$r_{1,9} < r_{1,8} \wedge r_{2,9} < r_{2,8} \wedge r_{3,9} < r_{3,8}$ следи да је $S_{98}=\{k1, k2, k3\}$ и $NS_{98}=\{\emptyset\}$

У седмом кораку развијеног алгоритма конструишемо матрицу сагласности С.

Табела 6 – Матрица сагласности

-	0	0,667	0	0,333	0	1	1	0,333
1	-	1	0,333	1	0	1	1	0,667
0	0	-	0	0	0	0,667	1	0
1	0,667	1	-	1	0	1	1	0,667
0	0	0,333	0	-	0	1	1	0,333
1	1	1	1	1	-	1	1	1
0	0	0,333	0	0	0	-	0,667	0,333
0	0	0	0	0	0	0,333	-	0
0,667	0,333	1	0,333	0,667	0	0,667	1	-

Поступак за израчунавање c_{ij} :

$$c_{i,j}=w1 + w2 + w3$$

$$w1=w2=w3=0,333$$

Уколико скуп сагласности S_{ij} садржи сва три члана ($k1$, $k2$, $k3$) следи да је $c_{i,j}=w1 + w2 + w3= 1$

Уколико скуп сагласности S_{ij} садржи два члана следи да је $c_{i,j}=w1 + w2= 0,667$

Уколико скуп сагласности S_{ij} садржи један члана следи да је $c_{i,j}=w1= 0,333$

Уколико скуп сагласности S_{ij} не садржи чланове следи да је $c_{i,j}=0$

У осмом кораку развијеног алгоритма израчунамо средњу вредност коефицијента сагласности.

$$\bar{c}_{sr} = \frac{1}{I*(I-1)} * \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I * c_{i,j}$$

$$\bar{c}_{sr} = \frac{1}{9*8} * (0.333 * 10 + 0.667 * 9 + 1 * 25)$$

$$\bar{c}_{sr} = \frac{34,333}{72} = 0,477$$

У деветом кораку развијеног алгоритма се конструише матрица несагласности N.

Табела 7 – Матрица несагласности

-	1	0	1	0	1	0	0	1
0	-	0	0,538	0	1	0	0	0,656
1	1	-	1	1	1	0,688	0	1
0	1	0	-	0	1	0	0	1
1	1	0	1	-	1	0	0	1
0	0	0	0	0	-	0	0	0
1	1	1	1	1	1	-	0,291	1
1	1	1	1	1	1	1	-	1
0,219	1	0	0,972	0,170	1	0,023	0	-

Поступак за израчунавање $n_{i,j}$:

Уколико је $NS_{i,j}=\{\emptyset\}$ следи да је $n_{i,j}=0$

Уколико је $NS_{i,j}=\{k1, k2, k3\}$ следи да је $n_{i,j}=1$

У осталим случајевима се рачуна на следећи начин :

$$NS_{13}=\{k3\} \text{ следи да је } n_{13}=\frac{\max\|(0,9724-0,9724)\|}{\max\|(0,9530-0,9888);(0,8804-0,9342);(0,9724-0,9724)\|}=\frac{0}{0,0538}=0$$

$$NS_{15}=\{k1, k3\} \text{ следи да је } n_{15}=\frac{\max\|(0,9530-0,9530);(0,9724-0,9724)\|}{\max\|(0,9530-0,9530);(0,8804-0,9342);(0,9724-0,9724)\|}=0$$

$$NS_{19}=\{k2, k3\} \text{ следи да је } n_{19}=\frac{\max\|(0,8804-0,8159);(0,9724-0,8805)\|}{\max\|(0,9530-0,9731);(0,8804-0,8159);(0,9724-0,8805)\|}=\frac{0,0919}{0,0919}=1$$

$$NS_{24}=\{k1, k3\} \text{ следи да је } n_{24}=\frac{\max\|(0,9490-0,9172);(0,9456-0,9380)\|}{\max\|(0,9490-0,9172);(0,7236-0,7827);(0,9456-0,9380)\|}=\frac{0,0318}{0,0591}=0,538$$

$$NS_{29}=\{k3\} \text{ следи да је } n_{29}=\frac{\max\|(0,9456-0,8805)\|}{\max\|(0,9490-0,9731);(0,7236-0,8159);(0,9456-0,8805)\|}=\frac{0,0606}{0,0923}=0,656$$

$$NS_{37}=\{k1\} \text{ следи да је } n_{37}=\frac{\max\|(0,9888-0,9698)\|}{\max\|(0,9888-0,9698);(0,9342-0,9578);(0,9724-1)\|}=\frac{0,019}{0,0276}=0,688$$

$$NS_{42}=\{k2\} \text{ следи да је } n_{42}=\frac{\max\|(0,7236-0,7827)\|}{\max\|(0,9490-0,9172);(0,7236-0,7827);(0,9456-0,9380)\|}=\frac{0,0591}{0,0591}=1$$

$$NS_{49}=\{k3\} \text{ следи да је } n_{49}=\frac{\max\|(0,9380-0,8805)\|}{\max\|(0,9172-0,9731);(0,7827-0,8159);(0,9380-0,8805)\|}=\frac{0,0575}{0,0575}=1$$

$$NS_{53}=\{k2, k3\} \text{ следи да је } n_{53}=\frac{\max\|(0,9342-0,9342);(0,924-0,9724)\|}{\max\|(0,9530-0,9888);(0,9342-0,9342);(0,9724-0,9724)\|}=0$$

$$NS_{59}=\{k2, k3\} \text{ следи да је } n_{59}=\frac{\max\|(0,9342-0,8159);(0,924-0,8805)\|}{\max\|(0,9530-0,9731);(0,9342-0,8159);(0,9724-0,8805)\|}=\frac{0,1183}{0,1183}=1$$

$$NS_{73}=\{k2, k3\} \text{ следи да је } n_{73}=\frac{\max\|(0,9578-0,9342);(1-0,9724)\|}{\max\|(0,9698-0,9888);(0,9578-0,9342);(1-0,9724)\|}=\frac{0,0276}{0,0276}=1$$

$$NS_{78}=\{k3\} \text{ следи да је } n_{78}=\frac{\max\|(1-0,9877)\|}{\max\|(0,9698-1);(0,9578-1);(1-0,9877)\|}=\frac{0,0123}{0,0422}=0,291$$

$$NS_{79}=\{k2, k3\} \text{ следи да је } n_{79}=\frac{\max\|(0,9578-0,8159);(1-0,8805)\|}{\max\|(0,9698-0,9731);(0,9578-0,8159);(1-0,8805)\|}=\frac{0,1419}{0,1419}=1$$

$$NS_{87}=\{k1, k2\} \text{ следи да је } n_{87}=\frac{\max\|(1-0,9698);(1-0,9578)\|}{\max\|(1-0,9698);(1-0,9578);(0,9877-1)\|}=\frac{0,04222}{0,0422}=1$$

$$NS_{91}=\{k1\} \text{ следи да је } n_{91}=\frac{\max\|(0,9530-0,9731)\|}{\max\|(0,9530-0,9731);(0,8804-0,8159);(0,9724-0,8805)\|} \frac{0,0201}{0,0919}=0,219$$

$$NS_{92}=\{k1, k2\} \text{ следи да је } n_{92}=\frac{\max\|(0,9490-0,9731);(0,7236-0,8159)\|}{\max\|(0,9490-0,9731);(0,7236-0,8159);(0,9456-0,8805)\|} \frac{0,0923}{0,0923}=1$$

$$NS_{94}=\{k1, k2\} \text{ следи да је } n_{94}=\frac{\max\|(0,9172-0,9731);(0,7827-0,8159)\|}{\max\|(0,9172-0,9731);(0,7827-0,8159);(0,9380-0,8805)\|} = \frac{0,0559}{0,0575}=0,972$$

$$NS_{95}=\{k1\} \text{ следи да је } n_{95}=\frac{\max\|(0,9731-0,9530)\|}{\max\|(0,9530-0,9731);(0,9342-0,8159);(0,9724-0,8805)\|} = \frac{0,0201}{0,1183}=0,170$$

$$NS_{97}=\{k1\} \text{ следи да је } n_{97}=\frac{\max\|(0,9731-0,9698)\|}{\max\|(0,9698-0,9731);(0,9578-0,8159);(1-0,8805)\|} \frac{0,0033}{0,1419}=0,023$$

У десетом кораку развијеног алгоритма израчунамо средњу вредност коефицијента несагласности.

$$\bar{n}_{sr} = \frac{1}{I*(I-1)} * \sum_{j=1}^I \sum_{i=1}^I * d_{i,j}$$

$$\bar{n}_{sr} = \frac{1}{9*8} * 39,557$$

$$\bar{n}_{sr} = 0,549$$

У кораку једанаест развијеног алгоритма се одређује матрица сагласне доминације М.

Табела 8 – матрица сагласне доминације

-	0	1	0	0	0	1	1	0
1	-	1	0	1	0	1	1	0
0	0	-	0	0	0	0	1	0
1	0	1	-	1	0	1	1	0
0	0	0	0	-	0	1	1	0
1	1	1	1	1	-	1	1	1
0	0	0	0	0	0	-	1	0
0	0	0	0	0	0	0	-	0
1	0	1	0	1	0	1	1	-

Уколико је $c_{ij} \geq \bar{c}_{sr} \wedge n_{ij} \leq \bar{n}_{sr}$ у табелу сагласне доминације се уписује вредност 1, односно $d_{ij}=1$ а уколико је $c_{ij} < \bar{c}_{sr} \vee n_{ij} > \bar{n}_{sr}$ у табелу сагласне доминације се уписује вредност 0, односно $d_{ij}=0$.

У кораку дванаест развијеног алгоритма, ранг идентификованих врста отпада је одређен. Добијени ранг је приказан у табели 9.

Табела 9 - Рангирање утицаја сваке врсте отпада на све укупно елементе животне средине (тло, ваздух и вода).

Врсте отпада	Ранг
Гориво (бензин)	5
Дизел	2
Органски отпад	7
Синтетички отпад	3
Полисинтетички отпад	6
Метални отпад	1
Пластични отпад	8
Гумени отпад	9
Средства за чишћење (ацетон, крпе...)	4

6. Дискусија и закључци

На основу добијеног резултата може да се јасно уочи да највећи утицај на животну средину, респектујући све елементе животне средине, симултано, има метални отпад. Утицај свих осталих идентификованих отпада у односу на метални отпад је значајно мањи него утицај металног отпада. Овај резултат јасно показује да је неопходно да се предузму одговарајуће мере које треба да доведу до смањења утицаја металног отпада. Најмањи утицај има гумени отпад.

У раду је показано да на егзактан начин може да се одреди утицај процеса израде прототипа на животну средину. Важност сваког идентификованог производа је процењена од стране доносилаца одлука. Како је процес израде прототипа сложен и може да се декомпонује на велики број подпроцеса, уведена је претпоставка да чланови менаџмент тима имају исту важност. Унутар ове претпоставке, важност сваког производа на сваки елемент животне средине је постављен као задатак групног одлучивања. Ово може да буде означено као један од главних доприноса рада. Вредност сваког производа је одређена на основу података из евиденције, респектујући количину сваке врсте отпада. Остали кораци ELECTRE методе су једнаки као код конвенционалне ELECTRE методе.

Осим предности рад има извесна ограничења. Главно ограничење је то што је посматрано три елемента животне средине и девет различитих врста отпада. Такође доносици одлуке своје процене исказују прецизним бројевима. Мишљење аутора је да је ближе људском начину размишљања да доносици одлуке своје процене исказују лингвистичким исказима. Моделирање лингвистичких исказа може да буде извршено методама меког рачунарства што представља тему будућих истраживања.

LITERATURA:

- [1] Hwang, C., L., Yoon, K., (1981). Multiple Attribute Decision making: Methods and Applications, Springer, Berlin.
- [2] Yager, R.R., (1996). On mean type aggregation. *IEEE Transaction On Systems, Man and Cybernetics-Part B*, 26, 209-221.
- [3] Pomerol, J.C., Barba-Romeo, S. (2000). *Multicriteria Decision Management: Principles and Practice*, Kluwer Nijhoff Publishing, Boston, USA.
- [4] Saaty, T.L., (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European J. of Operational Research*, 48, 9-26.
- [5] Agarski, B., (2014). *Razvoj sistema za inteligenetnu višekriterijumsku procenu opterećenja životne sredine kod ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa*. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [6] B. Roy. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. *Theory and Decision*, 31:49–73, 1991
- [7] M. Rogers and M. Bruen. Choosing realistic values of indifference, preference and veto thresholds for use with environmental criteria within ELECTRE.
- [8] Арсовски, С., (2013). *Интегрисани системи менаџмента*. Факултет инжењерских наука, Крагујевац.
- [9] Тадић, Д., (2009). *Операциона истраживања у управљању производњом*. Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет у Крагујевцу.
- [10] Томовић, А., Павловић, М., Манојловић, В., Симић, М., *Potentials for depollution of endof-life vehicles and their importance for environmental quality in Serbia*, Urban Eco (2012), 480-487.
- [11] Стефан, А., Тадић, Д., Арсовски, С., (2015). Evaluation of influence recycling device on environment in prototype manufacturing process phase by ELECTRE method, 9th *International quality conference*, Крагујевац.