

**TESTIRANJE, VERIFIKACIJA I GRAFIČKA INTERPRETACIJA
MODELA ZA VREDNOVANJE EFEKATA UVOĐENJA SISTEMA
OKOLINSKOG UPRAVLJANJA**

**TESTING, VERIFICATION AND GRAPHIC INTERPRETATION OF
THE MODEL FOR EVALUATING EFFECTS OF INTRODUCTION OF
THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT**

Dr. sc. Vehid Birdahić
University of Zenica,
Faculty of Mechanical Engineering in
Zenica

**Dr. sc. Muvedet Šišić, Assistant
Professor**
University of Zenica,
Faculty of Mechanical Engineering in
Zenica

**Dr.sc. Nusret Imamović, Assistant
Professor University of Zenica,**
Faculty of Mechanical Engineering in
Zenica

Dr. sc. Šefket Goletić, Full Professor
University of Zenica,
Faculty of Mechanical Engineering in
Zenica

REZIME

U radu je izvršeno testiranje adekvatnosti, verifikacija i grafički prikaz strukture i 3D funkcije razvijenog višestrukog linearnog regresionog modela $\hat{Y}_{VE,EMS} = -83,956 + 63,202 \times X_{NZ1} + 151,313 \times X_{NZ2} - 155,564 \times X_{NZ3}$, za vrednovanje efekata uvođenja sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001 u organizacijama metalnog sektora. Prezentirani rezultati pokazuju da je primjenom Fišerovog testa utvrđena adekvatnost razvijenog modela višestruke linearne regresije. Za razvijeni model je grafički prikazana struktura modela za zavisnu i tri nezavisne varijable te slobodni član, koji figuriraju u razvijenom modelu. Također je prikazana površina, odnosno 3D funkcija zavisnosti razvijenog modela prema definisanoj jednačini zavisne i nezavisnih varijabli. Verifikacijom razvijenog modela u praksi se potvrđuje validnost predloženog modela na testiranim organizacijama.

Ključne riječi: sistem okolinskog upravljanja, vrednovanje efekata, regresioni model.

ABSTRACT

In this paper we tested the adequacy, verification and graphical representation of the structure and 3D functions of the developed multiple linear regression model $\hat{Y}_{VE,EMS} = -83,956 + 63,202 \times X_{NZ1} + 151,313 \times X_{NZ2} - 155,564 \times X_{NZ3}$, to evaluate the effects of the introduction of environmental management system according to ISO 14001 in organizations metal sector. The presented results show that using Fišer's test determined the adequacy of the developed model multiple linear regression. For the developed model it is graphically depicted the structure of the model for the dependent and three independent variables and the free member, figuring in the developed model. Also, the surface or 3D dependency function of the developed model is shown according to the defined equation of dependent and independent variables. Verification of the developed model in practice confirms the validity of the proposed model on tested organizations.

Key words: environment management system, evaluation of effects, regression model.

1. UVOD

Okolinsko upravljanje je temeljni predušlov za efikasnu zaštitu i održivo korištenje okoliša, jer bez sistemskog upravljanja aktivnostima i procesima nije moguće postići kontrolu emisija i pritiska na okoliš s jedne strane i očuvanje kvaliteta okoliša s druge strane. Okolinsko upravljanje, kako ga definišu standardi ISO 14000, je upravljanje organizovanim ljudskim aktivnostima u organizaciji radi smanjenja i sprečavanja uticaja na okoliš. [1] Svaka organizacija u sektoru metalske industrije treba da mjeri, prati i ocjenjuje postignute okolinske efekte, što predstavlja ključne aktivnosti u sistemu okolinskog upravljanja (engl. Environmental Management System-EMS). EMS se može definisati kao dio ukupnog menadžment sistema organizacije koji se koristi za razvijanje i primjenu politike zaštite okoliša i upravljanje aspektima okoliša. Prvi korak u uspostavi EMS je identificiranje aspekata okoliša, zatim definiranje njihovog značaja, te pokretanje sistema provedbe aktivnosti s ciljem smanjenja njihovog uticaja na okoliš. [2] Okolinski efekat predstavlja mjerljive rezultate koje neka organizacija postiže u zaštiti okoliša i održivog razvoja bez obzira da li ima, ili nema uspostavljen EMS. Potpuna uspostava EMS-a u organizacijama metalškog sektora, zahtjeva stalno vrednovanje efekata kroz mjerenje emisija, kvantificiranje produkovanog otpada, te kvantificiranje i drugih učinaka u skladu sa procedurama definisanim EMS-om primjenom standarda ISO 14001. Efikasan način za vrednovanje efekata okolinskog upravljanja kod različitih organizacija metalškog sektora (metaloprerađa, livnice čelika i obojenih metala, mašingrađa) jeste razvoj modela, kojim se omogućava objektivna uporedna analiza efekata okolinskog upravljanja prema istim kriterijima.

Iz osamnaest organizacija sektora metalske industrije sa implementiranim sistemom okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001, izvršeno je prikupljanje i obrada podataka o postignutima efektima uvođenja EMS prema standardu ISO 14001, te vrednovanje odnosno ocjenjivanje postignutih efekata uvođenja EMS-a prema ISO 14001. Nakon obrade podataka za iste je izvršena analiza koja obuhvata utvrđivanje zavisnosti između postignutih efekata sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001 koji su definisani kao zavisna varijabla ZV i vrednovanja odnosno ocjenjivanja primjene svih zahtjeva sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001, uloge menadžmenta organizacije i svjesnosti zaposlenih o uticaju na okoliš te uspostavljanja svih procedura, dokumentacije, kontrole zapisa i provođenje internog audita, definisane kao tri nezavisne varijable NZ_1 , NZ_2 i NZ_3 . Primjenom višestruke (multiple) linearne regresione analize proračunati su potrebni koeficijenti i utvrđeni parametri koji figuriraju u modelu, te je na osnovu toga definisana matematička funkcija koja sa datim brojem promjenjivih opisuje posmatranu zavisnost odnosno pojavu. Prije svega, proračunata je varijansa, standardna greška procjene, koeficijent korelacije, koeficijent determinacije, korigovani koeficijent determinacije, sume kvadrata, stepeni slobode, sredine kvadrata, intervali povjerenja, vrijednost Fišerovog testa i p-vrijednost.

Za proračun navedenih statističkih veličina potrebnih za definisanje funkcionalne zavisnosti parametara modela, primjenjen je statistički alat softverskog paketa SPSS verzija 20.0. U radni prostor prozora Dependent, tj. zavisna varijabla, unešena je kolona sa vrijednostima ZV koja označava postignute efekte uvođenja sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001. U polje Independent koje predstavlja nezavisne varijable unešene su tri kolone sa vrijednostima: - NZ_1 - Primjena svih zahtjeva sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001,

- NZ_2 - Uloga menadžmenta i svjesnost zaposlenih o uticaju na okoliš, i
- NZ_3 - Uspostavljanje svih procedura, dokumentacije, kontrole zapisa i provođenje internog audita kao dokaza usklađenosti sa EMS.

Kao rezultat ovako postavljenih i definisanih varijabli, proračunate su deskriptivne statističke veličine: aritmetička sredina i standardna devijacija za svih osamnaest istraživanih organizacija, za zavisnu ZV i tri nezavisne varijable NZ_1 , NZ_2 i NZ_3 . Za dokazivanje statističke signifikantnosti a time i definisanja matematičke funkcije i parametara koji figuriraju u modelu, najvažnije su proračunate vrijednosti ishoda testa značajnosti koeficijena multiple regresije koje su date u Tabeli 1.: sume kvadrata (28181,54 i 28303,56), stepeni slobode ($df_1=3$ i $df_2=14$), sredine kvadrata (9393,84 i 2021,68), vrijednost Fišerovog testa $F=4,647$, te p-vrijednost $p=0,019$.

Tabela 1. Ishod testa značajnosti koeficijena multiple regresije između zavisne ZV i tri nezavisne varijable NZ_1 , NZ_2 i NZ_3

ANOVA ^a						
	Model	Suma kvadrata	Stepeni slobode df	Sredine kvadrata	F	Sig.
1	Regression	28181,548	3	9393,849	4,647	0,019 ^b
	Residual	28303,564	14	2021,683		
	Total	56485,111	17			

a. Zavisna varijabla: ZV
b. Nezavisne varijable: (Constant), NZ_1 , NZ_2 i NZ_3

Za postavljenu zavisnost zavisne i tri nezavisne varijable, stepeni slobode su $df_1=3$ i $df_2=14$, proračunata je vjerovatnoća dobijanja ovolikog ili većeg F-statistika pod nultom hipotezom (H_0), tj. p-vrijednost se nalazi u koloni Sig. i iznosi $p=0,019$. Ova vjerovatnoća je manja od postavljenog praga značajnosti α koji iznosi 0,05, odnosno slijedi da je $p=0,019 < \alpha=0,05$. To znači da ima smisla da se koristi ovaj model za objašnjenje i opis stanja u posmatranoj populaciji odnosno istraživanim organizacijama. Na ovaj način je utvrđeno da je predviđanje zavisne varijable ZV-Postignuti efekti okolinskog upravljanja uvođenjem standarda ISO 14001, na postavljenom pragu značajnosti $\alpha=0,05$ uvođenjem EMS-a prema standardu ISO 14001 statistički značajno i da postoji opravdanost na ovakav način postavljanja zavisnosti za tri definisane nezavisne varijable. Višestrukom regresionom analizom proračunati su sljedeći koeficijenti koji figuriraju u modelu: koeficijent -83,956 koji predstavlja odsječak na ordinati ili tzv. slobodni član, parcijalni regresioni koeficijent 63,202 i odnosi se na varijablu NZ_1 , parcijalni regresioni koeficijent 151,313 i odnosi se na varijablu NZ_2 , te parcijalni regresioni koeficijent -155,564 koji se odnosi na varijablu NZ_3 .

Uvrštavanjem vrijednosti proračunatih parcijalnih regresionih koeficijena u regresioni model te supstitucijom varijabli prema izvorno definisanom značenju, utvrđen je višestruki regresioni model za vrednovanje efekata uvođenja sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001 u organizacijama metalnog sektora koji glasi:

$$\hat{Y}_{VE_EMS} = -83,956 + 63,202 \times X_{NZ1} + 151,313 \times X_{NZ2} - 155,564 \times X_{NZ3},$$

gdje je:

\hat{Y}_{VE_EMS} = Predviđeni postignuti efekti uvođenja sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001 u istraživanim organizacijama,

X_{NZ1} = Vrednovanje (ocjena) primjene svih zahtjeva sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001,

X_{NZ2} = Vrednovanje uloge menadžmenta organizacije i svjesnosti zaposlenih o uticaju na okoliš, i

X_{NZ3} = Vrednovanje uspostavljanja svih procedura, dokumentacije, kontrole zapisa i provođenje internog audita.

U radu je za definisani model višestruke regresione analize, izvršeno testiranje adekvatnosti, verifikacija i grafički prikaz strukture i 3D funkcije razvijenog višestrukog regresionog modela za vrednovanje efekata uvođenja sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001 u organizacijama metalnog sektora.

2. TESTIRANJE ADEKVATNOSTI MODELA FIŠEROVIM TESTOM

Parametri razvijenog višestrukog regresionog modela su dobiveni na osnovu proračunatih vrijednosti, koje su neophodne za utvrđivanje adekvatnosti razvijenog modela. Testiranje adekvatnost modela linearne regresije je izvršena pomoću Fišerovog F-testa za svih osamnaest istraživanih organizacija, gdje je za stepene slobode $df_1=3$, $df_2=14$ i prag značajnosti $\alpha=0,05$, potrebno zadovoljiti uvjet $F_{\text{računsko}} > F_{\text{tabelarno (kritično)}}$. Tablična odnosno kritična vrijednost za stepene slobode $df_1=3$, $df_2=14$ i prag značajnosti $\alpha=0,05$ je određena prema tablici prikazanoj na Slici 1.

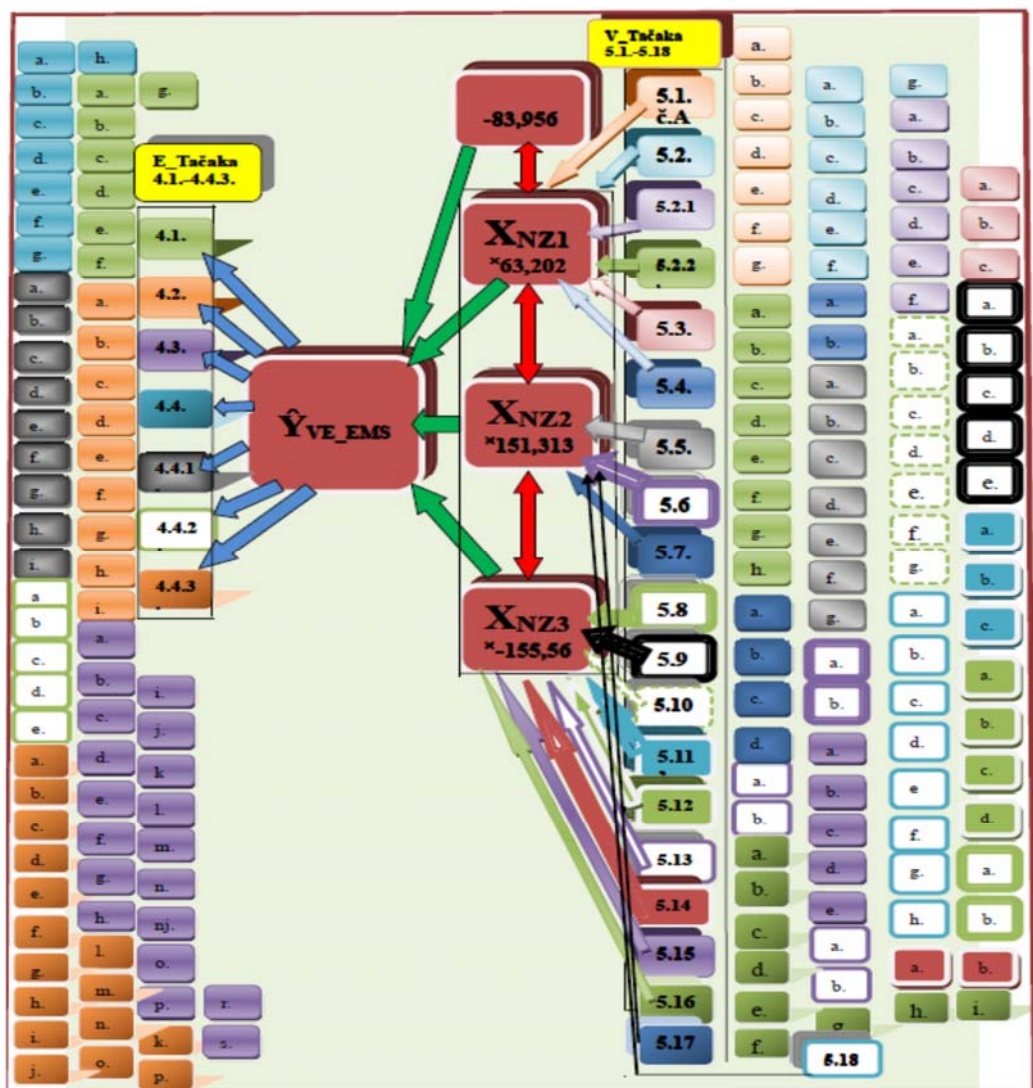
df_2	df_1													
	1	2	3	4	6	8	10	15						
1	161.45	199.50	215.71	224.58	233.99	238.88	241.88	245.95						
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.33	19.37	19.40	19.43						
3	10.13	9.55	9.28	9.12	8.94	8.85	8.79	8.70						
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.16	6.04	5.96	5.86						
5	6.61	5.79	5.41	5.19	4.95	4.82	4.74	4.62						
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.28	4.15	4.06	3.94						
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.87	3.73	3.64	3.51						
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.58	3.44	3.35	3.22						
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.37	3.23	3.14	3.01						
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.22	3.07	2.98	2.85						
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.09	2.95	2.85	2.72						
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.00	2.85	2.75	2.62						
13	4.67	3.81	3.41	3.18	2.92	2.77	2.67	2.53						
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.85	2.70	2.60	2.46						

Slika 1. Kritične vrijednosti za F distribuciju [3]

Na Slici 1. se uočava da je za stepene slobode $df_1=3$, i $df_2=14$ i prag značajnosti $\alpha=0,05$ $F_{\text{kritično}}=3,34$, što je manje od računski dobivene vrijednosti $F_{\text{računsko}}=4,647$, čime je zadovoljen postavljeni uslov da je $F_{\text{računsko}} > F_{\text{kritično}}$, odnosno $F_{(4,647)} > F_{(3,34)}$.

3. GRAFIČKA INTERPRETACIJA STRUKTURE RAZVIJENOG MODELA

Na osnovu definisanja i dokazivanja adekvatnosti i signifikantnosti razvijenog modela prema navedenoj jednačini, uspostavljanjem zavisnosti postignutih efekata okolinskog upravljanja uvođenjem standarda ISO 14001 kao zavisno promjenjive moguće je predviđati ili objašnjavati vrednovanjem odnosno ocjenjivanjem: svih zahtjeva EMS-a, uloge menadžmenta, uspostavljanja svih procedura, dokumentacije, kontrole zapisa i provođenje internog audita. Na Slici 2. prikazana je grafička intepretacija strukture razvijenog modela na kojoj su različitim nijansama boja označena pitanja u svakoj tački abecednim redosljedom počev od slova a. Vidi se da u sklopu tačaka 5.1.-5.18. ima ukupno 95 pitanja koja su podjeljena na 18 tačaka poglavlja 5 anketnog upitnika, na osnovu kojeg je izvršeno vrednovanje i ocjenjivanje postignutih efekata EMS uvođenjem standarda ISO 14001. [4] Prema prikupljenim podacima o vrednovanju efekata uvođenja EMS-a prema ISO 14001 objedinjenih u Tačkama 5.1.-5.18, transformacijom su dobivene tri nezavisne varijable.



Slika 2. Grafički prikaz strukture razvijenog modela

Na sličan način, prema poglavlju 4 upitnika, prikupljeni su podaci o postignutim efektima uvođenja EMS-a koji su objedinjeni u tačkama (4.1.- 4.4.3.), tj. 7 tačaka sa 71 pitanjem koja su analizirana u poglavlju 4 upitnika na osnovu kojih je dobivena zavisno promjenjiva Y_{VE-EMS} . Sadržaj tačaka 4.1.-4.4.3. je prikazan plavim strelicama sačinjavajući zavisno promjenjivu koja predstavlja postignute efekte uvođenja EMS-a prema standardu ISO 14001. Prema grafičkom prikazu na Slici 2. prikazani su pravci, tj. sadržaj tačaka koje čine pojedine nezavisne varijable.

4. VERIFIKACIJA RAZVIJENOG REGRESIONOG MODELA

Verifikacija regresionog modela u praksi je izvršena na osnovu definisanog modela prema navedenom izrazu, na primjeru dvije certificirane organizacije prema standardu ISO 14001, čiji podaci su dobiveni naknadno u cilju verifikacije modela i nisu uključeni u dati izraz.

U modelu zavisno promjenjiva varijabla je označena kao Y_{VE-EMS} , za koju je izvršena validacija postignutih efekata uvođenjem standarda ISO 14001 u testiranim organizacijama prema

intervalima od pet nivoa, od minimalnog sa ocjenom postignutog efekta „nezadovoljava“ do maksimalnog sa ocjenom efekta „odličan“. Vrijednosti raspona za intervale su formirani na osnovu proizvoda ukupnog broja pitanja i raspona ocjena. Intervali i ocjene postignutih efekata su prikazani u Tabeli 2.

Tabela 2. Intervali za ocjenu i ocjena efekata uvođenja EMS prema ISO 14001

Redni broj intervala	Rasponi za intervale	Intervali za ocjenu efekata od minimalne do maksimalne vrijednosti za Y_{VE-EMS}	Ocjena efekata uvođenja standarda ISO 14001 prema intervalima
1.	$71 \times 5,0 = 355,0$	Od 319,5 do 355,0	Odlični (ocjena 5)
2.	$71 \times 4,5 = 319,5$	Od 248,5 do 319,5	Vrlo dobri (ocjena 4)
3.	$71 \times 3,5 = 248,5$	Od 177,5 do 248,5	Dobri (ocjena 3)
4.	$71 \times 2,5 = 177,5$	Od 106,5 do 177,5	Zadovoljavajući (ocjena 2)
5.	$71 \times 1,5 = 106,5$	Od 0,0 do 106,5	Ne zadovoljavajući (ocjena 1)

Za organizacije I i II proračunate su vrijednosti zavisno promjenjive na osnovu čega su utvrđeni postignuti efekti uvođenja standarda u organizacijama metalnog sektora, koji su prikazani u Tabeli 3.

Tabela 3. Ocjena postignutih efekata uvođenja EMS prema ISO 14001

Organizacija	Vrijednosti nezavisno promjenjivih			Stand. greška	Proračunata vrijednost zavisno promjenjive Y_{VE-EMS}	Utvrđeni interval za ocjenu Y_{VE-EMS}	Efekti uvedenog standarda ISO 14001
	X_{NZ1}	X_{NZ2}	X_{NZ3}				
I	3,312	3,615	3,489	44,96	175,079	Interval 2	ZADOVOLJAVAJUĆI
II	4,062	4,307	4,387		186,965	Interval 3	DOBRI

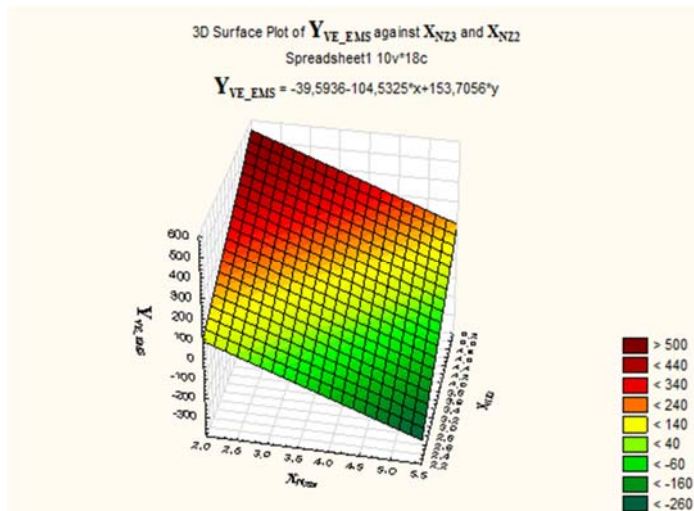
Prema podacima u Tabeli 3., uočavaju se pozitivni efekti implementacije EMS-a prema standardu ISO 14001 u testiranim organizacijama I i II iz uzorkam, iz koje je evidentno da su efekti uvođenja standarda ISO 14001 u organizaciji I zadovoljavajući a u organizaciji II postignuti efekti su dobri. [5]

5. GRAFIČKI 3D PRIKAZ FUNKCIJE RAZVIJENOG MODELA

Na Slikama 3. i 4. dati su grafički 3D prikazi funkcije razvijenog modela na osnovu unešenih vrijednosti za statistički signifikantne parcijalne regresione koeficijente nezavisno promjenjivih (X_{NZ2} i X_{NZ3}) i zavisno promjenjive Y_{VE-EMS} sa podacima iz Tabele 3., u softver za statističku obradu STATSOFT Statistica Verzija 13.3 (korištenjem izbornika Graph \Rightarrow 3D - XZY). Površina, odnosno 3D funkcija zavisnosti razvijenog modela je grafički prikazana prema datoj jednačini na Slikama 3. i 4., na način da su kombinovane vrijednosti nezavisno promjenjivih (X_{NZ2} , X_{NZ3}) na X i Z osi.

Na Slici 3. je prikazana funkcija i izgled razvijenog modela kao površina u 3D koordinatama, prema sljedećim oznakama koordinatnih osa:

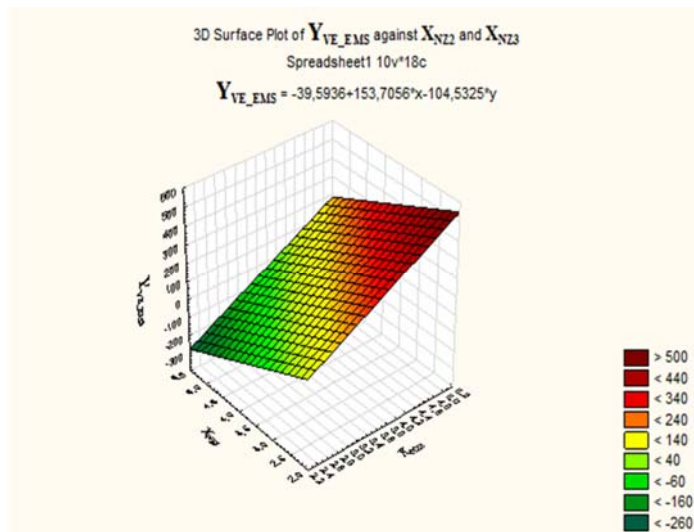
$$\begin{aligned} Y \text{ osa} &\Rightarrow Y_{VE-EMS}, \\ X \text{ osa} &\Rightarrow X_{NZ3}, \\ Z \text{ osa} &\Rightarrow X_{NZ2}. \end{aligned}$$



Slika 3. 3D prikaz funkcije razvijenog modela Y_{VE_EMS} , X_{NZ3} , X_{NZ2}

Na Slici 4. je prikazana funkcijska zavisnost date površine prema sljedećim oznakama koordinata:

Y osa \Rightarrow Y_{VE_EMS} ,
 X osa \Rightarrow X_{NZ2} ,
 Z osa \Rightarrow X_{NZ3} .



Slika 4. 3D prikaz funkcije razvijenog modela Y_{VE_EMS} , X_{NZ2} , X_{NZ3}

6. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja, može se zaključiti sljedeće:

1. Na osnovu definisanih nezavisno promjenjivih i njihovog uticaja na zavisno promjenjivu, efektima uvođenja sistema okolinskog upravljanja doprinosi:
 - primjena svih zahtjeva sistema okolinskog upravljanja,
 - uloga menadžmenta organizacija i svjesnost zaposlenih o uticajima na okoliš, i
 - uspostavljanje svih procedura, dokumentacije, kontrole zapisa i redovno provođenje internog audita kao dokaza usklađenosti sa sistemom okolinskog upravljanja.

2. Primjenom Fišerovog testa u cilju testiranja adekvatnosti razvijenog modela višestruke linearne regresije koji je definisan jednačinom: $\hat{Y}_{VE_EMS} = - 83,956 + 63,202 \times X_{NZ1} + 151,313 \times X_{NZ2} - 155,564 \times X_{NZ3}$, utvrđeno je da je razvijeni model adekvatan.
3. Za višestruki regresioni model za vrednovanje postignutih efekata uvođenja sistema okolinskog upravljanja u organizacijama, grafički je prikazana struktura modela za zavisnu i tri nezavisne varijable te slobodni član, koji figuriraju u razvijenom modelu.
4. Verifikacijom razvijenog modela u praksi se potvrđuje validnost predloženog modela na osnovu čega se može konstatovati da su primjenom razvijenog modela dobiveni pozitivni rezultati, odnosno utvrđeni pozitivni efekti uvođenja sistema okolinskog upravljanja u testiranim organizacijama.
5. Korištenjem softvera za statističku obradu STATSOFT Statistica Verzija 13.3. prikazana je površina, odnosno 3D funkcija zavisnosti razvijenog modela prema definisanoj jednačini za zavisnu i tri nezavisne varijable.

7. LITERATURA

- [1] Miložić, D., Miljković, M.: Nova serija sistemskih standarda ISO 14000 za oblast okolinskog upravljanja, Ecologica 3, Beograd, 1996.
- [2] Buntak, K., Droždek, I., Kaniški, J.: Izrada priručnika sustava upravljanja okolišem na primjeru tvrtke Machiper oprema, Tehnički glasnik 8, Sveučilište Sjever Varaždin, pp. 418-425, 2014.
- [3] Marques de Sa, P.: Applied Statistics Using SPSS, Statistica, Matlab and R Second Edition, Fac. Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2007.
- [4] Arsić, M., Živković, Ž., Mihajlović, I.: Modeliranje procesa formiranja ozona i njegova distribucija u urbanim područjima, 6. Međunarodni Simpozijum "Environmental and Material Flow Management"–EMFM 2016, Bor, Srbija, 2016.
- [5] Birdahić, V.: Razvoj modela za vrednovanje efekata okolinskog upravljanja uvođenjem standarda ISO 14001 u organizacijama metalnog sektora, Doktorska disertacija, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Zenica, 2018.