

Utvrđivanje eksploatacionih učinaka sistema na otkrивci na površinskom kopu Tamnava-Zapadno polje primenom Fuzzy Topsis metode

Marko Lazić, Filip Miletić, Lazar Žujović



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Utvrđivanje eksploatacionih učinaka sistema na otkrивci na površinskom kopu Tamnava-Zapadno polje primenom Fuzzy Topsis metode | Marko Lazić, Filip Miletić, Lazar Žujović | XV međunarodna konferencija Ugalj 2022;15th International Conference Coal 2022 | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007206>



**UTVRĐIVANJE EKSPLOTACIONIH UČINAKA SISTEMA NA OTKRIVCI NA
POVRŠINSKOM KOPU TAMNAVA-ZAPADNO POLJE PRIMENOM FUZZY TOPSIS METODE****OPENCAST MINE TAMNAVA-WEST FIELD OVERBURDEN SYSTEM OUTPUT
DETERMINATION WITH THE APPLICATION OF FUZZY TOPSIS METHOD**Lazić M.¹, Miletić F.², Žujović L.³**Apstrakt**

Planiranoj proizvodnji uglja na površinskim kopovima prethodi nesmetano i kontinuirano otkopavanje otkrivke. Kako bi se obezbedila potrebna količina uglja, sistemi na otkrivci moraju uvek biti korak ispred u dinamici razvoja kopa. Velika produktivnost, visoki kapaciteti i dobar koeficijent vremenskog iskorišćenja, treba da budu odlika rada sistema putem kojih se vrši otkopavanje otkrivke. Kroz ovaj rad izvršena je analiza eksploatacionih učinaka za posmatrani period po smenama, kako bi se utvrdilo koja je od pomenutih smena ostvarila najbolje rezultate.

Ključne reči: otkrivka, kapacitet, kapacitet, vreme rada i zastoja

Abstract

The planned production of coal in surface mines is preceded by unhindered and continuous excavation of overburden. In order to ensure the required amount of coal, overburden mining systems must always be one step ahead in the dynamics of mine development. High productivity, high outputs and a good coefficient of time utilization should be the characteristics of the system through which overburden are excavated. Through this work, an analysis of the output performance for the observed period by shifts was carried out, in order to determine which of the mentioned shifts achieved the best results.

Keywords: overburden, output, capacity, working time and downtime

1. Uvod

Preduslov za nesmetanu proizvodnju električne energije u našoj državi predstavlja eksploatacija uglja, koja se mora vršiti prema propisanim količinama i kvalitetu, odnosno prema zahtevu termoelektrana. Da bi se obezbedila kontinuirana proizvodnja uglja, prethodno je neophodno otkopati velike količine otkrivke. Za otkopavanje otkrivke na površinskim kopovima lignita angažovani su rotorni bageri velikih kapaciteta, kako bi se obezbedila nesmetana eksploatacija u realnom vremenskom periodu [1].

Na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje eksploatacija otkrivke vrši se putem tri BTO sistema, dok se eksploatacija uglja izvodi putem četiri BTD sistema. Na prvom BTO sistemu otkopavanje otkrivke obavlja se rotornim bagerom SRs 2000.32/5+VR [2]. U dosadašnjem dugogodišnjem radu, ovaj rotorni bager je ostvario dobre rezultate prema zadatim ciljevima. Imajući u vidu izuzetne kapacitetne mogućnosti ovih bagera, interesantno je sagledati iskorišćenost istih u uslovima naših površinskih kopova.

¹ Lazić Marko, PRO TENT d.o.o. Površinski kop Tamnava-Zapadno Polje

² Miletić Filip, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

³ Žujović Lazar, doktorand Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu



Slika 1. Rotorni bager SRs 2000.32/5+VR i odlagač A₂RsB-8500

Kroz rad biće analizirani proizvodni učinci za maj mesec tekuće godine, po smenama. Kako se proizvodnja obavlja u tri smene po osam sati, organizacija zaposlenih prema sistematizaciji radnih mesta podeljena je u četiri grupe: A, B, C i D smena.

2. Definisane ulaznih parametara

Ulazni parametri za analizu su veoma kompleksni. Svi podaci korišćeni u ovom radu su verodostojni, dobijeni na osnovu stalnog praćenja rada sistema od samog početka eksploatacije [3]. Podaci o ostvarenoj proizvodnji i svaki zastoje koji ometao kontinuirani rad zabeležen je, a ukupno vreme rada i stajanja prikazuje se kroz zbirni izveštaj na nivou svake smene. Ulazni podaci koji čine model podeljeni su u tri grupe:

- vreme rada, (min),
- vreme zastoja, (min) i
- prosečni kapacitet proizvodnje (m^3/h).

Vreme rada podrazumeva praćenje sistema na nivou smene u trajanju od osam sati (480 minuta). Efikasnost rada sistema ocenjuje se u odnosu na količine materijala koji je otkopa u jednom vremenskom periodu. Međutim, za detaljno analiziranje i dobijanje konačne ocene efikasnosti u odnos se moraju staviti i drugi bitni parametri, kao što su vremenski zastoje i koeficijenti vremenskog i kapacitetnog iskorišćenja. Vremensko iskorišćenje predstavlja odnos efektivnog vremena rada sistema i kalendarskog fonda vremena [4]. Imperativ je da koeficijent vremenskog iskorišćenja u okviru smene bude što veći.

Međutim, ovaj koeficijent nikada nije jednak jedinici, iz razloga što je na nivou smene predviđena pauza za ceo sistem u trajanju od 30 minuta. Pored ovog zastoja, u redovnom radu sistema javljaju se planirani i neplanirani zastoje.

Rad svakog sistema prate određeni zastoje. Zastoje u osnovi mogu biti planirani i neplanirani.

Planirani zastoji odnose se na unapred definisane tehnološke operacije i redovna servisna održavanja. Neplanirani zastoji su prateći element koji nije sastavni deo vremena rada sistema i ne može se predvideti [4]. Iako je reč o kontinualnim sistemima eksploatacije, zastoji su sastavni deo smenskog, dnevnog, mesečnog i godišnjeg rada. Kategorizacija zastoja izvršena je po grupama, i to na: tehnološke, mašinske, elektro i ostale zastoje.

Posmatrajući tehnološke, mašinske i elektro zastoje, najviše su prisutni tehnološki [2]. Ovi zastoji podrazumevaju svakodnevne tehnološke operacije koje se odnose na pomeranje, produžetak i skraćenje transportera, transport otkopne mehanizacije, itd. Pored tehnoloških, značajan udeo imaju mašinski zastoji, koji se odnose na redovan servis, vulkanizacije, investicione opravke, itd. Elektro zastoji su znatno manje izraženi. U okviru analize nije data kategorizacija zastoja prema grupama, već zastoji predstavljaju sintezu pomenutih grupa.

Kapacitetno iskorišćenje je odnos ostvarene proizvodnje prema teorijskom kapacitetu za analizirani vremenski period. Stvarni kapacitet rotornih bagera je manji u odnosu na teorijski. Razlog tome je činjenica da na rad sistema uticaj imaju i drugi faktori, npr: vremenski uslovi, konfiguracija terena, litološka građa ležišta, itd. Ulazni podaci o vremenu rada, zastoja i ostvarenom prosečnom kapacitetu dati su po smenama za analizirani period (Tabela 1).

Tabela 1. Ulazni podaci za A, B, C i D smenu

	Rad, (min)	Zastoji, (min)	Kapacitet, (m³/h)
A smena	7380	3600	2395
B smena	7640	3400	2186
C smena	7795	3725	2454
D smena	7285	3755	2668

Moguće je napraviti korelaciju između ostvarene proizvodnje i ulaznih promenljivih. Ova tri faktora imaju najveći uticaj na konačni bilans ostvarene proizvodnje. U Tabeli 2 prikazane su egzaktno vrednosti o ostvarenoj proizvodnji, koja se kasnije prevodi u lingvističku vrednost promenljive, prema definisanom algoritmu. Isti slučaj je i za ulazne promenljive.

Tabela 2. Ostvarena proizvodnja otkrivke po smenama

	Proizvodnja, (m³)
A smena	294.623
B smena	278.291
C smena	318.757
D smena	323.935

Planirana proizvodnja otkrivke za mesec maj iznosila je milion m³. Plan proizvodnje je ostvaren i prebačen za 27%. Cilj analize je utvrđivanje koja od pomenutih smena imala najveću proizvodnju u odnosu na sve uticajne faktore.

3. Algoritam Fuzzy Topsis metode

TOPSIS metoda [5], nastoji da rangira skup alternativa na osnovu njihove udaljenosti od optimalne (PIS) i najpesimističnije (NIS) tačke. Kao je već rečeno, PIS je rešenje koje maksimizira korisne attribute, a minimizira troškovne attribute. NIS rešenje predstavlja obrnutu logiku, maksimizira troškovne attribute, a minimizira korisne attribute [6]. Osnovno pravilo ove metode je da optimalna alternativa treba da ima *najkraće* rastojanje od PIS i *najdalje* od NIS [7].

U klasičnoj TOPSIS metodi težine atributa i rejtinzi alternativa se precizno znaju i mogu se predstaviti egzaktnim vrednostima. Korišćenje egzaktnih vrednosti predstavlja jednu od ključnih problematika u procesu vrednovanja, jer precizni podaci nisu adekvatni za modelovanje realnih

problema odlučivanja. Takvi uslovi su za posledicu imali razvoj fuzzy verzije TOPSIS metode.

U okviru FTOPSIS metode težine atributa i rejtinzi atributa predstavljeni su lingvističkim promenljivim koje se potom prevode u *fuzzy* brojeve. Na taj način su predupređeni nedostaci koji su uočeni u klasičnoj TOPSIS metodi. Poslednjih godina je predloženo mnoštvo FTOPSIS metodologija. Chen & Hwang [8] su među prvima upotrebili *fuzzy* brojeve u TOPSIS metodi.

Triantaphyllou & Lin [9] su razvili FTOPSIS u kojoj se relativna blizina svake alternative izračunava na osnovu *fuzzy* aritmetičkih operacija. Chen [10] je proširio TOPSIS metodu na situacije *fuzzy* grupnog odlučivanja, na taj način je koristio trougaone *fuzzy* brojeve i definisano precizno *Euclidean* rastojanje između dva *fuzzy* broja. U okviru rada biće korišćeno *fuzzy* TOPSIS proširenje metode predloženo od strane Chen [10] koje se sastoji od sledećih koraka:

Korak 1: Prva faza je formiranje komisije sačinjene od donosilaca odluke, Komisija se sastoji od K donosilaca odluke, *fuzzy* rejting svakog donosioca odluke D_k ($k = 1, 2, \dots, K$) predstavljen je trougaonim *fuzzy* brojem R_k ($k = 1, 2, \dots, K$) sa funkcijom pripadnosti $\mu_{R_k}(x)$.

Korak 2: Identifikovanje osnovnih atributa odlučivanja.

Korak 3: Odabir odgovarajućih lingvističkih promenljivih za evaluaciju atributa.

Korak 4: Agregacija težina atributa.

Fuzzy rejtinzi donosilaca odluke su iskazani pomoću trougaonih *fuzzy* brojeva $R_k(a_k, b_k, c_k)$, $k = 1, 2, \dots, K$ koristeći izraz (1):

$$a = \min_k \{a_k\}, b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k, c = \max_k \{c_k\} \quad (1)$$

Ukoliko su *fuzzy* rejting i težina k^{th} donosioca odluke x_{ijk} ($a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk}$) i w_{ijk} ($w_{jk1}, w_{jk2}, w_{jk3}$) $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ respektivno, tada je agregirani *fuzzy* rejting (x_{ij}) alternative u odnosu na određeni atribut dat (x_{ij}) = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), što se može predstaviti pomoću izraza (2).

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}, c_{ij} = \max_k \{c_{ijk}\} \quad (2)$$

Agregirane *fuzzy* težine (w_{ij}) svakog atributa izračunate su korišćenjem izraza (3) i (4).

$$(\tilde{w}_j) = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) \quad (3)$$

gde je:

$$w_{j1} = \min_k \{w_{jk1}\}, w_{j2} = \min_k \{w_{jk2}\}, w_{j3} = \min_k \{w_{jk3}\} \quad (4)$$

Korak 5: Fuzzy matrica odlučivanja je konstruisana na osnovu izraza (5).

$$\tilde{D} = \begin{pmatrix} \check{x}_{11} & \dots & \check{x}_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \check{x}_{m1} & \dots & \check{x}_{mn} \end{pmatrix} \quad (5)$$

dok se atributi izračunavaju korišćenjem izraza (6).

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (6)$$

gde (x_{ij}) = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) i (w_j) = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}), $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ mogu biti aproksimirani pozitivnim trougaonim *fuzzy* brojevima.

Korak 6: Nakon konstruisanja *fuzzy* matrice odlučivanja, izvršena je normalizacija matrice korišćenjem linearne skale transformacije. Obračun je izvršen pomoću izraza (7).

$$\check{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), c_j^* = \max_i c_{ij} \quad (7)$$

Normalizovana *fuzzy* matrica je obračunata pomoću izraza (8).

$$\check{R} = [\check{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

gde je r_{ij} normalizovana vrednost $(x_{ij}) = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$.

Korak 7: Imajući u vidu različite pondere za svaki atribut, ponderisana normalizovana *fuzzy* matrica odlučivanja je konstruisana uz pomoć izraza (9) i (10).

$$\check{V} = [\check{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

$$\check{v}_{ij} = \check{r}_{ij}(\cdot) \check{w}_j \quad (10)$$

gde w_j reprezentuje težinu atributa C_j .

U okviru ponderisane normalizovane *fuzzy* matrice odlučivanja, normalizovani pozitivni trougaoni *fuzzy* brojevi mogu aproksimirati elemente v_{ij}, A_i, j .

Korak 8: *Fuzzy* pozitivno (FPIS, A^*) i *fuzzy* negativno idealno rešenje (FNIS, A^-) predstavljeni su pomoću izraza (11) i (12).

$$A^* = \{\check{v}_1^*, \check{v}_2^*, \dots, \check{v}_i^*\} = \{\max_i v_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)\} \quad (11)$$

$$A^- = \{\check{v}_1^-, \check{v}_2^-, \dots, \check{v}_i^-\} = \{\min_i v_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)\} \quad (12)$$

Na osnovu ponderisane normalizovane *fuzzy* matrice odlučivanja, rang pripada zatvorenom intervalu [0,1]. Dakle, FPIS i FNIS mogu biti definisani kao (1, 1, 1) i (0, 0, 0), respektivno.

Korak 9: U sledećem koraku rastojanje svake alternative od FPIS i FNIS izračunava se pomoću izraza (13) i (14).

$$D_i^* = \sum_{j=1}^n d(\check{v}_{ij}, \check{v}_j^*), i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n d(\check{v}_{ij}, \check{v}_j^-), i = 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

gde udaljenost između dva broja $a=(a_1, a_2, a_3)$ i $b=(b_1, b_2, b_3)$ može biti obračunata posredstvom Vertex metode, prema izrazu (15).

$$d(\check{a}, \check{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (15)$$

Korak 10: Koeficijent sličnosti sa idealnim rešenjem se izračunava korišćenjem izraza (16).

$$CC_i = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-}, i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

Korak 11: Rangiranje alternativa omogućeno je analizom koeficijenta sličnosti. Optimalna alternativa je ona sa najvećim koeficijentom sličnosti CC_j , a poredak alternativa se može predstaviti na osnovu rangiranja CC_j po opadajućem redosledu [REF IZ FUSNOTE].

4. Rezultati primene Fuzzy TOPSIS metode za ocenu efikasnosti sistema na otkrивci

Za analizu efikasnosti rada jalovinskog sistema na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje uzeti su

u obzir sledeći indikatori: vreme rada, vreme zastoja, kapacitet i ostvarena proizvodnja. U Tabeli 3 date su lingvističke vrednosti za svaku od analiziranih smena prema definisanim kriterijumima.

Tabela 3. Definisanje ulaznih parametara - osnova

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	<i>malo</i>	<i>veliko</i>	<i>Srednji</i>	<i>srednja</i>
B	<i>srednje</i>	<i>malo</i>	<i>Mali</i>	<i>mala</i>
C	<i>veliko</i>	<i>veliko</i>	<i>Srednji</i>	<i>velika</i>
D	<i>malo</i>	<i>veliko</i>	<i>Velik</i>	<i>velika</i>
	VELIKO	MALO	VELIK	VELIKA

Sa ciljem izbegavanja subjektivnosti u definisanju lingvističkih vrednosti analiziranih parametara, uvedena su dva analitičara koji daju svoje mišljenje o učincima. Za potrebe ovog rada, data su mišljenja rukovodioca I BTO sistema i upravnika površinskog kopa. U daljem tekstu Analitičar 1 i Analitičar 2:

ANALITIČAR 1

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	<i>malo</i>	<i>veliko</i>	<i>Mali</i>	<i>mala</i>
B	<i>srednje</i>	<i>malo</i>	<i>Mali</i>	<i>mala</i>
C	<i>veliko</i>	<i>veliko</i>	<i>Srednji</i>	<i>velika</i>
D	<i>malo</i>	<i>veliko</i>	<i>Velik</i>	<i>velika</i>

ANALITIČAR 2

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	<i>malo</i>	<i>veliko</i>	<i>Srednji</i>	<i>srednja</i>
B	<i>srednje</i>	<i>malo</i>	<i>Mali</i>	<i>mala</i>
C	<i>veliko</i>	<i>veliko</i>	<i>Srednji</i>	<i>srednja</i>
D	<i>malo</i>	<i>veliko</i>	<i>Velik</i>	<i>velika</i>

Donosioci odluke izmenili su definisane početne kriterijume. Na osnovu njihovog mišljenja uvode se odgovarajuće vrednosti *Fuzzy* brojevi, prikazani u Tabeli 4.

Tabela 4. Definisanje vrednosti Fuzzy brojeva

Termin	<i>Fuzzy</i> broj
<i>Mala</i>	1,3,5
<i>Srednja</i>	3,5,7
<i>Velika</i>	5,7,9

U narednom koraku biće uvedene vrednosti *Fuzzy* brojeva za svaku od alternativa na osnovu mišljenja analitičara, pomoću kojih se eliminiše subjektivnost početne hipoteze.

VREDNOSTI FUZZY BROJEVA NA OSNOVU MIŠLJENJA ANALITIČARA

ANALITIČAR 1



Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	1,3,5	5,7,9	1,3,5	1,3,5
B	3,5,7	1,3,5	1,3,5	1,3,5
C	5,7,9	5,7,9	3,5,7	5,7,9
D	1,3,5	5,7,9	5,7,9	5,7,9

ANALITIČAR 2



Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	1,3,5	5,7,9	3,5,7	3,5,7
B	3,5,7	1,3,5	1,3,5	1,3,5
C	5,7,9	5,7,9	3,5,7	3,5,7
D	1,3,5	5,7,9	5,7,9	5,7,9

U sledećem koraku biće izvršeno formiranje *kombinovane matrice odlučivanja* na osnovu mišljenja analitičara.

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	1,3,5	5,7,9	1,4,7	1,4,7
B	3,5,7	1,3,5	1,3,5	1,3,5
C	5,7,9	5,7,9	3,5,7	3,6,9
D	1,3,5	5,7,9	5,7,9	5,7,9

Sada se vrši računanje Normalizovane *Fuzzy* matrice. Da bi se to izvršilo, neophodno je definisani BENEFIT i NONBENEFIT (*Cost*) kriterijume. Benefit kriterijumi su maksimalno vreme rada, maksimalni kapacitet i proizvodnja, dok je *Cost* kriterijum vreme zastoja.

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	1,3,5	5,7,9	1,4,7	1,4,7
B	3,5,7	1,3,5	1,3,5	1,3,5
C	5,7,9	5,7,9	3,5,7	3,6,9
D	1,3,5	5,7,9	5,7,9	5,7,9
Kriterijum	BENEFIT	COST	BENEFIT	BENEFIT

RAČUNANJE NORMALIZOVANE FUZZY MATRICE

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	1/9,3/9,5/9	1/9,1/7,1/5	1/9,4/9,7/9	1/9,4/9,7/9
B	3/9,5/9,7/9	1/5,1/3,1/1	1/9,3/9,5/9	1/9,3/9,5/9
C	5/9,7/9,9/9	1/9,1/7,1/5	3/9,5/9,7/9	3/9,6/9,9/9
D	1/9,3/9,5/9	1/9,1/7,1/5	5/9,7/9,9/9	5/9,7/9,9/9
Kriterijum	BENEFIT	COST	BENEFIT	BENEFIT

SRAČUNATE VREDNOSTI FUZZY MATRICE

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
-------	------------	---------------	-----------	-------------

A	0,11,0,33,0,55	0,11,0,14,0,2	0,11,0,44,0,77	0,11,0,44,0,77
B	0,33,0,55,0,77	0,2,0,33,1	0,11,0,33,0,55	0,11,0,33,0,55
C	0,55,0,77,1	0,11,0,14,0,2	0,33,0,55,0,77	0,33,0,66,1
D	0,11,0,11,0,55	0,11,0,14,0,2	0,55,0,77,1	0,55,0,77,1
Kriterijum	BENEFIT	COST	BENEFIT	BENEFIT

U sledećem koraku vrši se proširenje normalizovane *Fuzzy* matrice, na osnovu definisanih početnih vrednosti *Fuzzy* brojeva za svaku od alternativa prema definisanim kriterijumima.

MALO	SREDNJE	VELIKO
1,3,5	3,5,7	5,7,9

PROŠIRENA MATRICA

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	$5*0,11,7*0,33,9*0,55$	$1*0,11,3*0,14,5*0,2$	$5*0,11,7*0,44,9*0,77$	$5*0,11,7*0,44,9*0,77$
B	0,33,0,55,0,77	0,2,0,33,1	0,11,0,33,0,55	0,11,0,33,0,55
C	0,55,0,77,1	0,11,0,14,0,2	0,33,0,55,0,77	0,33,0,66,1
D	0,11,0,11,0,55	0,11,0,14,0,2	0,55,0,77,1	0,55,0,77,1

SRAČUNATE VREDNOSTI FUZZY MATRICE

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	0,55,2,31,4,95	0,11,0,42,1	0,55,3,08,6,93	0,55,3,08,6,93
B	1,65,3,5,6,93	0,2,0,99,5	0,55,2,31,4,95	0,55,2,31,4,95
C	2,75,5,39,9	0,11,0,42,1	1,65,3,85,6,93	1,65,4,62,9
D	0,55,0,77,4,95	0,11,0,42,1	2,75,5,39,9	2,75,5,39,9

U narednim koraku vrši se računanje Fuzzy pozitivnog (FPIS) i Fuzzy negativnog (FNIS) idealnog rešenja.

FPIS I FNIS IDEALNO REŠENJE

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	0,55,2,31,4,95	0,11,0,42,1	0,55,3,08,6,93	0,55,3,08,6,93
B	1,65,3,5,6,93	0,2,0,99,5	0,55,2,31,4,95	0,55,2,31,4,95
C	2,75,5,39,9	0,11,0,42,1	1,65,3,85,6,93	1,65,4,62,9
D	0,55,0,77,4,95	0,11,0,42,1	2,75,5,39,9	2,75,5,39,9
A+	2,75,5,39,9	0,2,0,99,5	2,75,5,39,9	2,75,5,39,9
A-	0,55,0,77,4,95	0,11,0,42,1	0,55,2,31,4,95	0,55,2,31,4,95

UDALJENOSTI OD FPIS

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	3,2	2,33	2,2	2,64
B	1,74	0	3,2	5,24

C	0	2,33	1,62	1
D	3,77	2,33	0	0
A+	2,75,5,39,9	0,2,0,99,5	2,75,5,39,9	2,75,5,39,9

UDALJENOSTI OD FNIS

Smena	Vreme rada	Vreme zastoja	Kapacitet	Proizvodnja
A	1,54	0	2,12	2,12
B	3,43	4,04	0	0
C	6,27	0	2,59	4,71
D	0	0	5,24	5,24
A-	0,55,0,77,4,95	0,11,0,42,1	0,55,2,31,4,95	0,55,2,31,4,95

di+	di-
10,37	5,78
10,18	7,47
4,95	13,57
6,1	10,48

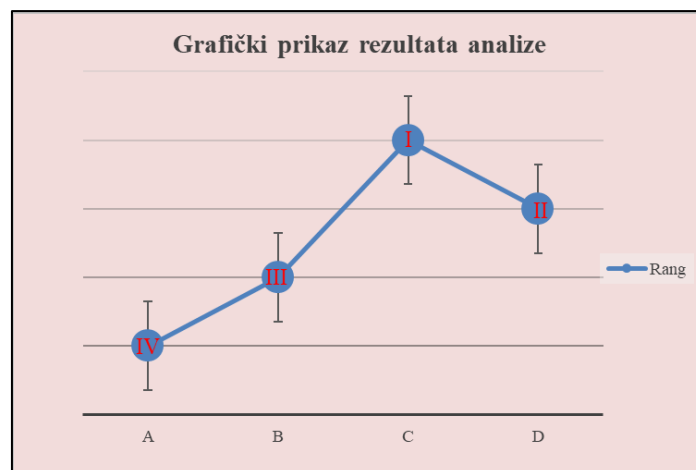
Konačno, da bi se izvršilo rangiranje ponuđenih alternativa, neophodno je odrediti koeficijente sličnosti idealnom rešenju, po obrascu datom u teorijskom razmatranju *Fuzzy* TOPSIS metode.

Smena	di+	di-	Cci	Rang
A	10,37	5,78	0,35	4
B	10,18	7,47	0,42	3
C	4,95	13,57	0,73	1
D	6,1	10,48	0,63	2

5. Komparativna analiza dobijenih rezultata

Rezultati analize pokazali su da je C smena ostvarila najbolje rezultate u odnosu na definisane kriterijume, dok je najlošije rezultate imala A smena. Sagledavajući pojedinačne parametre, D smena je ostvarila najveću proizvodnju. Međutim, uvođenjem mišljenja analitičara koji su vršili ocenjivanje radnih učinaka putem lingvističkih vrednosti, bez prethodne informacije o smeni koja je te rezultate ostvarila, došlo se do drugačijeg zaključka.

Na osnovu rezultata analize, sagledavanjem svih ulaznih parametara, C smena je imala bolje rezultate, ne samo sa aspekta proizvodnje, već i u pogledu ostvarenog vremena rada u odnosu na zastoje. *Fuzzy* TOPSIS analiza omogućava sveobuhvatniji pristup u razmatranju uticajnih parametara i eliminiše subjektivnost prilikom sagledavanja pojedinačnih i očiglednih rezultata. Na Slici 2 dat je grafički prikaz rezultata analize.



Slika 2. Grafički prikaz rezultata analize

6. Zaključak

Kroz ovaj rad izvršena je analiza efikasnosti rada po smenama I BTO sistema površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje primenom *Fuzzy* TOPSIS metode. Ulazni podaci odnosili su se na ostvareno vreme rada, vreme zastoja, kapacitet i proizvodnju. Ova četiri parametra ujedno predstavljaju i osnovu za ocenjivanje efikasnosti rada svakog sistema. Kroz proizvodnju, odnosno količina otkopane jalovine sagledavaju se efekti poslovanja i realizacija operativnog plana za posmatrani period. Međutim, sagledavanjem svih parametara kroz rad došlo se do zaključka da u sveobuhvatnom sagledavanju, proizvodnja jeste bitna, ali uvođenjem i drugih parametara rezultati su pokazali da svaki od njih ima značajan uticaj na konačnu ocenu efikasnosti. Rezultatom je utvrđeno da smena koja nije imala najveću proizvodnju za posmatrani period, ima najveću efikasnost, iz razloga što su drugi parametri značajno uticali na konačnu ocenu.

Literatura

- [1] Lazić M., Miletić F., Đenadić S., Jovančić P., Ignjatović D.: Ocena efikasnosti rada bagera SRs 2000.32/5+VR angažovanih na površinskim kopovima Tamnava-Zapadno Polje i Drmno primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja, Međunarodna konferencija Ugalj 2019
- [2] Miletić F., Lazić M., Jovančić P., Đenadić S., Ignjatović D.: Analiza efikasnosti rada rotornih bagera SRs 2000.32/5+VR angažovanih na površinskim kopovima Elektroprivrede Srbije, Časopis Tehnika, Savez inženjera i tehničara Srbije, DOI: 10.5937/tehnika1906795M
- [3] Izveštaji površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje
- [4] Miletić F., Lazić M., Simić B., Radojičić R., Đenadić S., Rupar V.: Efikasnost rada rudarskih sistema na površinskom kopu Polje G, Međunarodna konferencija Ugalj 2019
- [5] Hwang, C. L. & Yoon, K.: Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications, Springer-Verlag, New York, <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- [6] Wang & Elhag: Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment, Expert Systems with Applications, DOI:10.1016/j.eswa.2005.09.040
- [7] Aydogan E. K.: Performance measurement model for Turkish aviation firms using the rough-AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment, Expert Systems with Applications, DOI:10.1016/j.eswa.2010.09.060
- [8] Hwang, C. L. & Chen S. J.: Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods, Part of the Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems book series (LNE, volume 375)

- [9] Triantaphyllou E. & Lin C. T.: Development and Evaluation of Five Fuzzy Multiattribute Decision-Making Methods, *International Journal of Approximate Reasoning* 1996, 14:281-310
- [10] Chen C. T.: Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, *Fuzzy Sets and Systems*, Volume 114, Issue 1, 16 August 2000, Pages 1-9