



UDK: 658.581

*Originalan naučni rad
Original scientific paper*

MOGUĆNOST ODREĐIVANJA OPTIMALNE PERIODIČNOSTI PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA SPOJNICE MOTORNOG VOZILA

Božidar V. Krstić*Mašinski fakultet - Kragujevac*

Sadržaj: Pravilnim formiranjem modela održavanja moguće je izvršiti optimizaciju, odnosno izabrati najpovoljniji sistem održavanja. Ovakav problem moguće je rešiti ako su precizno određeni svi važni zahtevi i ograničenja. Osnovu izložene metodologije čine parametri pouzdanosti analiziranih vozila, dobijeni na osnovu praćenja ponašanja vozila, sa aspekta pojave otkaza u realnim uslovima eksploatacije, kao i troškovi njihovog održavanja.

Ključne reči: *motorno vozilo, održavanje, optimizacija, gotovost, pouzdanost, troškovi.*

1. UVOD

Optimizaciju sistema održavanja, primenom modela preventivnog održavanja, najčešće se svodi na traženje odgovora na pitanje da li je korisno primeniti preventivno održavanje, i ako jeste, odrediti posle koliko vremena rada treba primeniti postupke preventivnog održavanja.

Samo jedno rešenje strategije održavanja, za dato motorno vozilo i date uslove korišćenja, je optimalno. U tom slučaju se postižu najpovoljnije vrednosti gotovosti, pouzdanosti, minimalni troškovi korišćenja i održavanja, a samim tim i smanjenje ukupnih troškova životnog ciklusa. Zadatak optimizacije sistema održavanja motornih vozila sastoji se u traženju tog optimuma. Ovaj rad upravo ima taj cilj.

2. ODREĐIVANJE PARAMETARA POUZDANOSTI SPOJNICE MOTORNOG VOZILA

Pronalaženje adekvatnog matematičkog modela, kojim se može predstaviti zakonitost ponašanja vozila, sa aspekta pojave neispravnosti, je jedan od osnovnih elemenata za prognoziranje ponašanja vozila u budućnosti i optimizaciju sistema njegovog održavanja. S obzirom da od ispravnosti utvrđivanja modela raspodele pouzdanosti zavise svi dalji zaključci i odluke vezane za preduzimanje odgovarajućih

mera u cilju održavanja zahtevanog nivoa pouzdanosti vozila, ovoj fazi analize treba posvetiti posebnu pažnju. Na konkretnom primeru izabranog vozila, prikazaće se metodologija određivanja najprihvatljivijeg modela održavanja njegove spojnice.

Naime, kao objekt istraživanja korišćena je frikciona suva jednodielna spojница GF310K sa prenosnim momentom 380 Nm, koja se ugrađuje u motorno vozilo.

Vrednosti vremena rada do pojave otkaza, prethodne spojnice, do kojih se došlo praćenjem vozila u eksploataciji, date su u tabeli 1. Na osnovu podataka iz tabele 1 vrši se određivanje zakona raspodele pouzdanosti [9, 10,11].

Tabela 1. Vrednosti vremena rada do pojave otkaza frikcione spojnice vozila

Redni broj otkaza	Pređeni put do otkaza (km)	Vreme rada do otkaza (h)	Redni broj otkaza	Pređeni put do otkaza (km)	Vreme rada do otkaza (h)	Redni broj otkaza	Pređeni put do otkaza (km)	Vreme rada do otkaza (h)
1	8243	275	18	12778	426	35	17384	579
2	8389	280	19	12935	431	36	17726	591
3	8756	292	20	12936	431	37	17752	592
4	8894	296	21	13186	440	38	17963	599
5	10128	338	22	13431	448	39	17981	599
6	10254	342	23	13757	459	40	19100	637
7	10280	343	24	13952	465	41	19196	640
8	10347	346	25	13972	466	42	19638	655
9	10387	347	26	14158	472	43	19882	663
10	10395	348	27	14373	479	44	20125	671
11	10656	355	28	14396	480	45	21492	716
12	10869	362	29	14563	485	46	23651	788
13	11496	383	30	14763	492	47	24697	823
14	11831	394	31	15938	531	48	26391	880
15	11863	395	32	16397	547	49	27391	913
16	11978	399	33	16967	566			
17	12382	413	34	17186	573			

Tabela 2. Procenjene vrednosti pokazatelja pouzdanosti frikcione spojnice

i	t_i	$m(i)$	$n_g(i)$	$\bar{n}(i)$	$f(t_i)$	$R(t_i)$	$F(t_i)$	$\lambda(t_i)$
1	300	10	49	44	2.04E-03	0.8980	0.1020	0.002273
2	400	12	39	33	2.44E-03	0.6735	0.3265	0.003636
3	500	10	27	22	2.04E-03	0.4490	0.5510	0.004545
4	600	9	17	12.5	1.84E-03	0.2551	0.7449	0.007200
5	700	4	8	6	8.16E-04	0.1224	0.8776	0.006670
6	800	2	4	3	4.08E-04	0.0612	0.9388	0.006670
7	900	2	2	1	4.08E-04	0.0204	0.9796	0.020000

Na osnovu rezultata testiranja, primenom metodologije [9, 10,11], došlo se do zaključka da se funkcija pouzdanosti, gustine, intenziteta otkaza I srednjeg vremena bezotkaznog rada imaju oblik:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{562,4}\right)^{3,174}} \quad (1)$$

$$f(t) = \frac{3,174}{562,4} \cdot \left(\frac{t}{562,4}\right)^{2,174} e^{-\left(\frac{t}{562,4}\right)^{3,174}} \quad (2)$$

$$\lambda(t) = \frac{3,174}{562,4} \cdot \left(\frac{t}{562,4}\right)^{2,174} \quad (3)$$

$$T_o = \int_0^{\infty} t \cdot \frac{3,174}{562,4} \cdot \left(\frac{t}{562,4}\right)^{2,174} e^{-\left(\frac{t}{562,4}\right)^{3,174}} dt \quad (4)$$

Korišćene oznake u tabeli 2 i izrazima 1,2,3 i 4 imaju sledeće značenje: $m(t)$ – broj spojnice koje su otkazale u analiziranom intervalu; $n(t)$ – broj spojnice koje nisu otkazale na sredini analiziranog intervala; $n_g(t)$ – broj spojnice koje nisu otkazale na početku analiziranog intervala; $R(t)$ – funkcija pouzdanosti; $F(t)$ – funkcija nepouzdanosti; $f(t)$ – frekvencija pojave otkaza; T_o – srednje vreme bezotkaznog rada; $\lambda(t)$ – intenzitet otkaza.

Na osnovu predhodnih izraza mogu se odrediti optimalne periodičnosti vremena rada posle kojih treba vršiti preventivne preglede, preventivne zamene, opravke ili generalnu reviziju, kao i optimalne vrednosti zaliha rezervnih delova [9,10,11,12,13,14].

3. ODREĐIVANJE PERIODIČNOSTI ODRŽAVANJA SPOJNICE PREMA KRITERIJUMU MINIMALNIH TROŠKOVA

Primenom modela optimizacije periodičnosti održavanja pogonskog motora, prema troškovima održavanja, određuje se optimalna periodičnost sprovođenja postupaka preventivnog održavanja koja daje najmanje troškove uz obezbeđenje zahtevane gotovosti. Strategija preventivnog održavanja i preventivnih zamena se primenjuje kada je intenzitet otkaza rastuća funkcija u vremenu i kada su troškovi korektivnog održavanja veći od troškova preventivnog održavanja. Tada je moguće odrediti optimalnu periodičnost preventivnog održavanja [9].

Troškovi održavanja mogu se izraziti u obliku:

$$C(t) = \frac{C_k - (C_k - C_p) \cdot R(t)}{\int_0^T R(t) dt} \quad (5)$$

U izrazu (5) oznake imaju sledeće značenje: $C(t)$ - ukupni specifični troškovi održavanja; C_k - troškovi korektivnog održavanja; C_p - troškovi preventivnog održavanja; $R(t)$ – funkcija pouzdanosti; T – vreme rada spojnice do otkaza.

Primenom izraza (5), za različite periodičnosti preventivnog održavanja spojnice vozila, dobijene su vrednosti troškova održavanja, koje su prikazane u tabeli 3 i na slici 1.

Vrednost integrala $\int_0^t R(t) dt$ izračunavan je korišćenjem Simpsonovog pravila.

Na osnovu dobijenih troškova bira se periodičnost preventivnog održavanja koja daje najmanje ukupne troškove održavanja, što je dijagramski prikazano na slici 1.

Tabela 3. Iznos ukupnih troškova održavanja spojnice za različite periodičnosti njenog održavanja

Periodičnost održavanja (h)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Troškovi korekt. održavanja $C_k [n j]$	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Trošk. prevent. održ. $C_p [n j]$	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Funkcija pouzdanosti $R(t)$	0.9995	0.9958	0.9850	0.9631	0.9265	0.8728	0.8009	0.7124	0.6109	0.5024
$\int_0^t R(t)dt$	49.99	99.90	149.46	198.22	245.53	290.58	332.50	370.40	403.53	431.37
Ukupni specifični troškovi $C(t) [n j]$	12.024	6.1059	4.2548	3.4736	3.1618	3.1157	3.2413	3.4833	3.8009	4.1596

Korišćena oznaka n_j , u tabeli 3, ima značenje novčana jedinica.

Iz tabele 3. i slike 1. može se zaključiti da se najmanji troškovi dobijaju za periodičnost održavanja od $T_p = 286$ (h), ($C_{\min} = 3,1083$), jer za tu periodičnost održavanja grafik funkcije dostiže svoj minimum, pa se može smatrati da je to optimalna periodičnost održavanja frikcione spojnice za kriterijum minimalnih troškova.

4. ODREĐIVANJE PERIODIČNOSTI ODRŽAVANJA SPOJNICE VOZILA PREMA KRITERIJUMA MAKSIMALNE GOTOVOSTI

Kada se od vozila traži maksimalna gotovost, odnosno raspoloživost, optimizacija sistema održavanja njegovih sastavnih delova se vrši prema kriterijumu maksimalne gotovosti, dok najveći, još uvek prihvatljivi troškovi održavanja predstavljaju ograničenje. Za primenu modela održavanja, na bazi gotovosti, potrebno je poznavanje zakona raspodele pouzdanosti, kao i vremena u radu i otkazu.

Vrednost eksploatacione gotovosti može se odrediti korišćenjem izraza [9]:

$$G(t) = \frac{t_r + t_{cr}}{t_r + t_{cr} + t_p + \frac{F(t)}{R(t)} \cdot t_k} \quad (6)$$

gde su: t_r - vreme u radu; t_{cr} - vreme čekanja na rad u ispravnom stanju; t_p - vreme preventivnog održavanja; t_k - vreme korektivnog održavanja; $R(t)$ – funkcija pouzdanosti; $F(t)$ – funkcija nepouzdanosti.

Variranjem periodičnosti vremena između preventivnih održavanja dobija se funkcionalna zavisnost gotovosti od periodičnosti održavanja, na osnovu koje se može odrediti periodičnost održavanja koja daje maksimalnu gotovost. Rezultati određivanja gotovosti, za različite periodičnosti održavanja, date su u tabeli 4.

Iz tabele 4. i slike 1. može se zaključiti da se najveća gotovost frikcione spojnice dobija za periodičnost održavanja od $T_p = 321$ (h), ($G_{\max} = 0,9892$), jer za tu periodičnost održavanja grafik funkcije dostiže svoj maksimum, pa se može smatrati da je to optimalna periodičnost održavanja frikcione spojnice za kriterijum maksimalne gotovosti.

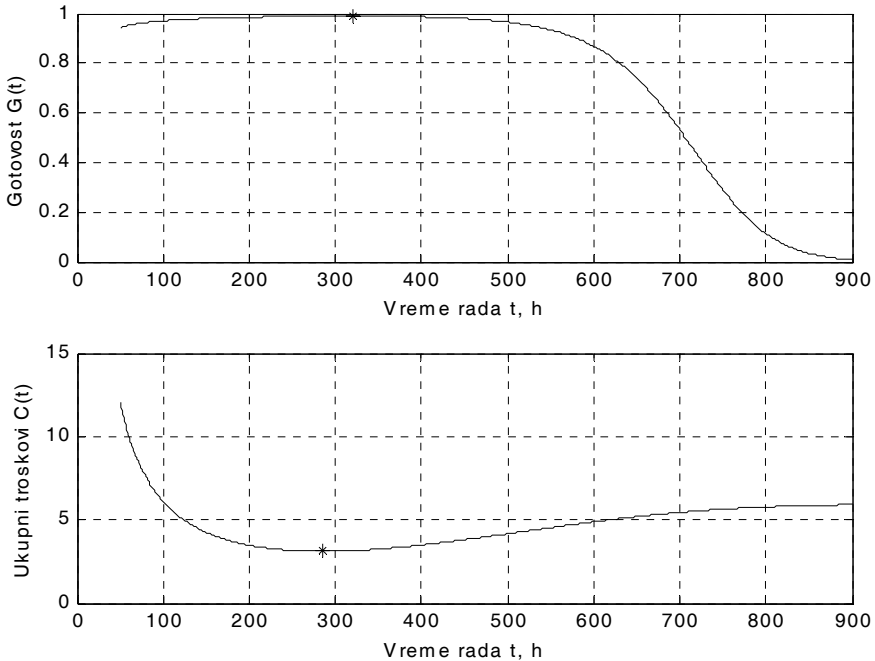
Tabela 4. Tabela prikaz zavisnosti gotovosti vozila od periodičnosti preventivnog održavanja njegove spojnice

Periodičnost održavanja (h)	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Vreme rada t_r (h)	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Vreme preventiv. održ. t_p (h)	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Funkcija nepouzdanosti $F(t)$	0.0005	0.0042	0.0150	0.0369	0.0735	0.1272	0.1991	0.2876	0.3891
Funkcija pouzdanosti $1 - F(t)$	0.9995	0.9958	0.9850	0.9631	0.9265	0.8728	0.8009	0.7124	0.6109
Broj korektivnih održavanja između dva preventivna	0.0005	0.0042	0.0152	0.0383	0.0793	0.1458	0.2485	0.4037	0.6369
Vreme preventivnog održ. t_k (h)	0.0277	0.2505	0.9119	2.2979	4.7573	8.747	14.9114	24.2202	382,112
Vreme čekanja na rad u isprav. stanju t_{cr} (h)	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350
Gotovost $G(t)$	0.9434	0.9709	0.9804	0.9851	0.9878	0.9891	0.9889	0.9866	0.9802

5. IZBOR OPTIMALNOG PERIODIČNOSTI PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA SPOJNICE VOZILA METODOM AHP

Iz predhodno navedenog se može zaključiti, da se optimalni interval periodičnosti održavanja glavne frikcione spojnice, sa aspekta maksimalne gotovosti i minimalnih troškova održavanja nalazi između 321 i 286 časova rada, a usvojen je na osnovu datih kriterijuma i ograničenja (slika 1). Potrebno je naći vrednost optimalne periodičnosti preventivnog održavanja spojnice vozila, a koji se nalazi između vremena koje odgovara minimalnim troškovima održavanja i vremena koje odgovara maksimalnoj gotovosti vozila sa aspekta spojnice. Ovaj period može se diskretizovati. Svaka diskretna vrednost dobijena diskretizacijom pridružuje se razmatranoj koncepciji preventivnog održavanja. Na taj način dobija se odgovarajući broj varijanti koncepcije preventivnog održavanja, koje se među sobom razlikuju samo u dužini perioda rada, nakon koga se obavljaju postupci preventivnog održavanja. Pošto se vrednosti optimalne periodičnosti sprovođenja postupaka preventivnog održavanja analiziranog pogonskog motora, prema kriterijumu maksimalne gotovosti i prema kriterijumu minimalnih troškova, razlikuju (deo 4 i deo 5 ovog rada), u ovom delu rada prikazani su rezultati njegovog određivanja primenom višekriterijumske metode optimizacije, koji je u literaturi poznat kao MCDM (Multi Criteria Decision Making)

problem [3]. Osnovna karakteristika MCDM problema, a samim tim i problema koji se analizira u ovom radu je da se najbolja alternativa nalazi u smislu više atributa, simultano, ili limitiranog skupa raspoloživih alternativa.



Slika 1. Grafički prikaz zavisnosti gotovosti i ukupnih troškova periodičnog održavanja za spojnicu

5.1. Analitički hijerarhijski proces - AHP

U literaturi može da se nađe veći broj metoda višekriterijumske optimizacije. Jedna od najčešće korišćenih je analitički hijerarhijski proces – AHP (Analytic Hierarchy Process). Ova metoda je razvijena krajem prošlog veka [6]. AHP metoda je razvijena na principu donošenja odluka, ljudskom znanju, kao i podacima kojima eksperti raspolažu u procesu odlučivanja. Proces donošenja odluke je kreativan proces koji je naučno zasnovan na tri glavna koncepta [6]: analitika, hijerarhija i proces.

Priroda kriterijuma optimalnosti može da bude benefita i troškovna [1]. Pri korišćenju benefita kriterijuma optimalnosti što je manja njihova vrednost to je bolje i obrnuto. Pri korišćenju troškova kriterijuma optimalnosti, što je manja njihova vrednost, to je bolje i obrnuto.

Skup alternativa i predstavlja se skupom indeksa alternativa $i = (1, \dots, i, \dots, K)$, $k \in K$, $i \in I$, gde je i ukupan broj razmatranih alternativa. Problem se predstavlja matricom:

$$F = [f_{ik}]_{I \times K} \quad (7)$$

Sa f_{ik} je označena vrednost kriterijuma optimalnosti k za alternativu i . U opštem slučaju, kriterijumi optimalnosti su različite prirode, imaju različite vrednosti i različite jedinice mere. To znači da vrednosti kriterijuma optimalnosti, za alternativu i nisu uporedive. Iz tog razloga potrebno je sprovesti proceduru normalizacije kojim se sve vrednosti f_{ik} preslikavaju u intervalu $[0,1]$. U primeni je veći broj tipova normalizacije [4]: jednostavna, linearna, vektorska i td. Bez obzira koji se tip normalizacije koristi, koriste se različiti analitički izrazi za benefitarne i troškovne kriterijume optimalnosti.

Pri korišćenju vektorske normalizacije problem odlučivanja može se predstaviti matricom: $F=[f_{ik}]_{1 \times K}$, gde je $(f_{ik})_n$, normalizovana vrednost kriterijuma optimalnosti k za alternativu i .

Svakoj razmatranoj alternativu pridružuje se određena vrednost [2].

Normalizacija vrednosti $f_{i,1}$ vrši se korišćenjem izraza za vektorsku normalizaciju i uz primenu benefitarne kriterijuma optimalnosti. Za rešavanje konkretnog zadatka mogu se koristiti sledeći izrazi:

$$(f_{ij})_n^b = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^I (f_{ij})^2}} \quad (8)$$

$$(f_{ij})_n^t = \frac{\frac{1}{f_{ij}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^I \left(\frac{1}{f_{ij}}\right)^2}} \quad (9)$$

Vrednost faktora na osnovu koga se određuje najbolja alternativa periodičnosti održavanja a_i određuje se korišćenjem pretpostavke da su važnosti usvojenih kriterijuma optimizacije (maksimalne gotovosti i minimalnih troškova održavanja) jednake i da su zadate normalizovano, što je slučaj u konkretnom zadatku, korišćenjem izraza [1,2,3,4,5,6,7,8]:

$$a_i = \frac{\sum_{k=1}^K W_k (f_{ik})_n}{\sum_{k=1}^K W_k} \quad (10)$$

$$a_i = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^K (f_{ik})_n \quad (11)$$

Elementi matrice F , dobijaju se tako što se izjednačavanjem sa vrednostima gotovosti vozila, sa aspekta njegovog pogonskog motora, za različite periode preventivnog održavanja koji odgovaraju pojedinim alternativama $(f_{i,1})$ i izjednačavanjem sa vrednostima ukupnih troškova održavanja pogonskog motora vozila za različite periode preventivnog održavanja koji odgovaraju pojedinim alternativama $(f_{i,2})$.

Na osnovu podataka dobijenih praćenjem analiziranog vozila, sa aspekta njegove spojnice, u realnim uslovima eksploatacije, uz korišćenje izraza (5) za određivanje gotovosti dobijene su vrednosti elemenata $f_{i,1}$ (odnosno gotovosti) matrice F (tabela 3), a uz korišćenje izraza (6) za određivanje troškova održavanja dobijene su vrednosti elemenata $f_{i,2}$ (odnosno troškova održavanja) matrice F (tabela 4).

5.2. Određivanje optimalnog perioda preventivnog održavanja frikционе spojnice primenom metode višekriterijumske optimizacije

Razmatračemo period vremena u radu od 50 do 350 časova, zato što gotovost i troškovi održavanja razmatranog tehničkog sistema u njemu zadržavaju zadovoljavajuće vrednosti.

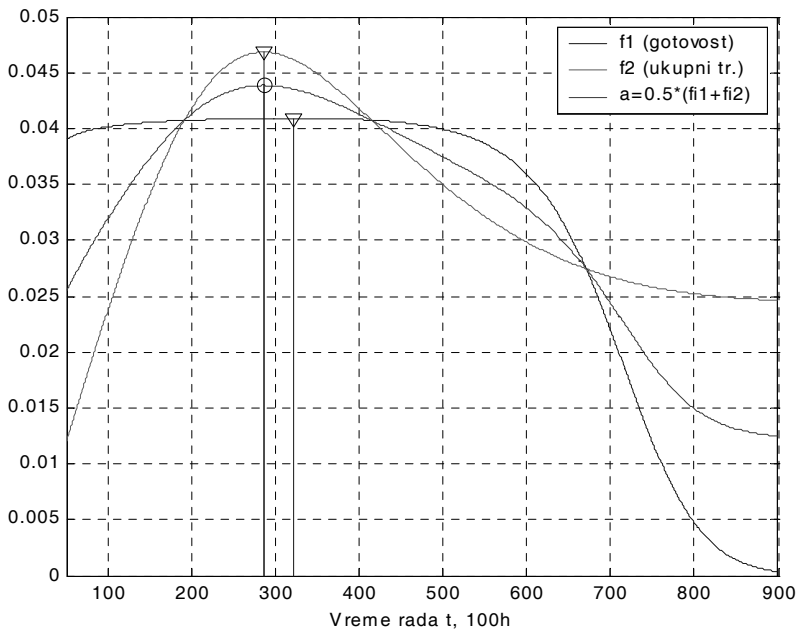
Za određivanje optimalnog perioda preventivnog održavanja, s obzirom na kriterijume maksimalne gotovosti i minimalnih troškova održavanja interval od 50 do 350 časova diskretizovaćemo sa korakom $\Delta = 1$ programom MATLAB [17].

Elementi matrice F , $f_{i,1}$ dobijaju se tako što se izjednačavaju sa vrednostima gotovosti za različita vremena u radu, odnosno različite periode preventivnog održavanja koji odgovaraju pojedinim alternativama:

$$f_{i,1} = G(t_i) \quad (12)$$

Normalizacija vrednosti $f_{i,1}$ vrši se pomoću izraza za vektorsku normalizaciju uz korišćenje benefiitnog kriterijuma optimalnosti:

$$(f_{i,1})_n = \frac{f_{i,1}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{300} (f_{i,1})^2}} \quad (13)$$



Slika 2. Prikaz iznalaženja najbolje alternative

Elementi matrice F , $f_{i,2}$ dobijaju se tako što se izjednačavaju sa vrednostima ukupnih troškova održavanja za različita vremena u radu (tabela 4), odnosno različite periode preventivnog održavanja koji odgovaraju pojedinim alternativama:

$$f_{i,2} = C(t_i) \quad (14)$$

Normalizacija vrednosti $f_{i,2}$ vrši se pomoću izraza za vektorsku normalizaciju uz korišćenje troškovnog kriterijuma optimalnosti:

$$(f_{i,2})_n = \frac{1}{f_{i,2}} \sqrt{\sum_{i=1}^{300} \left(\frac{1}{f_{i,2}}\right)^2} \quad (15)$$

$$a_i = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^2 (f_{ik})_n \quad (16)$$

Radi izbora najbolje, svakoj alternativni pridružuje se vrednost:

Rezultati koji su dobijeni korišćenjem izraza (16), (18) i (19) uz pomoć programa MATLAB [17] dati su na slici 2.

U izrazima od 8 do 16 korišćene oznake imaju sledeće značenje:

$(f_{ik})_n$ – normalizovana vrednost kriterijuma optimalnosti k za alternativu i ;
 $(f_{i2})_n$ – normalizovana vrednost kriterijuma optimalnosti troškova za alternativu 2 ;
 $(f_{i1})_n$ – normalizovana vrednost kriterijuma optimalnosti gotovosti za alternativu 1 ;
 a_i – vrednost faktora na osnovu koga se određuje najbolja alternativa periodičnosti održavanja; $G(t)$ – gotovost; $C(t)$ – troškovi održavanja; $R(t)$ – pouzdanost.

Najbolja alternativa je ona za koju a_i ima najveću vrednost. U ovom slučaju najbolja alternativa daje optimalnu periodičnost održavanja glavne frikcione spojnice, u skladu sa AHP metodom, nakon svakih $T_p = 286$ [h] rada vozila.

6. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja parametara pouzdanosti frikcione spojnice, do kojih se došlo praćenjem ponašanja vozila u realnim uslovima eksploatacije, i uz primenu odgovarajućih naučnih saznanja iz oblasti teorije verovatnoće, matematičke statistike, teorije sistema i teorije pouzdanosti poslužili su kao osnova za iznalaženje optimalne periodičnosti njenog održavanja, uzimajući u obzir kriterijum maksimalne gotovosti i kriterijum minimalnih troškova održavanja.

Kako se optimalna periodičnost sprovođenja postupaka preventivnog održavanja, određena prema kriterijumu maksimalne gotovosti i prema kriterijumu minimalnih troškova održavanja razlikuju, neophodno je primeniti metode višekriterijumske analize i odrediti vrednost tražene optimalne periodičnosti sprovođenja postupaka preventivnog održavanja, uzimajući u obzir i jedan i drugi kriterijum optimizacije.

Vrednost optimalne periodičnosti sprovođenja postupaka preventivnog održavanja vozila, sa aspekta glavne spojnice, određena prema kriterijumu maksimalne gotovosti vozila je 321 časova rada, a prema kriterijumu minimalnih troškova održavanja 286 časova rada. To su, ujedno i granice optimalne periodičnosti sprovođenja postupaka preventivnog održavanja, koje odgovaraju ekstremnim vrednostima usvojenih funkcija kriterijuma.

Primenom metode višekriterijumske analize dobijena je vrednost tražene optimalne periodičnosti sprovođenja postupaka preventivnog održavanja, uzimajući u obzir i jedan i drugi kriterijum optimizacije, i ona iznosi 286 časova rada.

Prikazana metodologija višekriterijumskog odlučivanja može se primeniti za dobijanje pouzdane vrednosti periodičnosti sprovođenja postupaka preventivnog održavanja spojnice motornog vozila, ali i za druge njegove delove. Pri tome je potrebna raspoloživost podataka, do kojih se dolazi analizom vozila tokom njegove eksploatacije, na osnovu kojih se mogu odrediti pokazatelji njegove pouzdanosti, kao i karakteristike sistema njegovog održavanja.

LITERATURA

- [1] Yoon K.P., Hwang C.I.: Multiple Attribute decision making, and introduction, Series: Quantative Applications in the Social Sciences 104, Sage Universitz Paper, Thousland Oaks, 1995.
- [2] Bass M.S., Kwakernak H.: Rating and Ranking of Multiple Aspect Alternatives Using, Fuyy Sets Automatics, Vol13, 47-58, 1977.
- [3] Milanović D.: Informacioni sistemi menadžmenta, Megatrend, Beograd, 2003.
- [4] Pavličić D.: Normalization of atribute Values in MADM the Conditions of Consistent Choise IV, DI, EJOR, Vol.10, No. 1, Belgrade, 2000.
- [5] Vincke P.: Multicriteria Decision – aid, John Wiely Sons, 1992.
- [6] Saty T.L.: How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, EJOR 48, 9, 1990.
- [7] Vargas L.: An overview of the Analytic Hierarchy Process, EJOR 48, 1990.
- [8] Harker T.P.: The Art and Science of Descision Making: The Analytic Hierarchy Process, University of Pennsylvania, USA, 1988.
- [9] Krstić B.: Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1997.
- [10] Zelenović D., Todorović J.: Efektivnost sistema u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- [11] British standard, BS5760, Part 2, Guide to the assessment of reliability, Reliability of systems, eqipments and components, BSI, London, 1981.
- [12] Vukadinović S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1981.
- [13] Krstić B.: Određivanje optimalne periodičnosti preventivnog održavanja vitalnih delova motornih vozila, Zbornik radova "KOD 2002", Herceg Novi, 2002., str. 37-49
- [14] Krstić B.: Upravljanje radnom sposobnošću vozila radi obezbeđenja zadovoljavajućih eksploataciono-tehničkih karakteristika, "Savremena poljoprivredna tehnika", Novi Sad, 2002., str. 95-103
- [15] Krstić B.: Utvrđivanje zakonitosti promene tehničkog stanja vozila tokom eksploatacije sa ciljem povećanja bezbednosti njegovog korišćenja, Zbornik radova sa 12. Međunarodne konferencije "IS'2002", Novi Sad, 2002., str. 295-299
- [16] Press W.H., Flannery B.P., Teukolsky S.A., Vetterling W.T.: "Numerical Recipes", Cambridge University Press, 1986.
- [17] "Optimization Toolbox for Use with MATLAB", The Math Works, 1994.

POSSIBILITIES DETERMINATION OF THE OPTIMAL STRATEGY FOR PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE CLUTH MOTOR VEHICLE

Božidar V. Krstić

Mechanical Faculty - Kragujevac

Abstract: As well, it is consider the possibility seeking trade off solution between this two criterions. With regular forming models of maintenance is possible to make optimisation, regarding, to use the best maintenance system. If the all important requests and limits are preciosly given then it is possible to solve this kind of problem. The base of presented metodology is presenting with reliability parameters of analysed vehicles given from vehicle behaviour folowing, from aspect of failure happen, in real conditions of exploitation and costs of theirs maintenance.

Key words: motor vehicle, maintenance, optimisation, availability, reliability, costs.