

Mr Dušan Ostojić,
dipl. inž.
Zoran Jelenković,
dipl. inž.
Mr Sreten Joksimović,
pukovnik, dipl. inž.
Tehnički opitni centar KoV,
Beograd

VIŠEKRITERIJUMSKI IZBOR OPTIMALNOG TTZ ZA MODERNIZACIJU TENKOVA T-72, M-84 I M-84A*

UDC: 623.438.3 : 519.863

Rezime:

U radu je predložena metodologija definisanja optimalnih taktičko-tehničkih zahteva (TTZ) za projektovanje savremenog tenka ili usavršavanje, odnosno modernizaciju postojećih. Osnovne karakteristike koje definišu ovaj složeni tehnički sistem po konstrukcionim i tehnološkim svojstvima, su: vatrena moć, zaštita i pokretljivost. U polaznom razmatranju svaka od navedene tri karakteristike definisana je određenim brojem parametara – kriterijuma, koji opisuju ovako složen sistem. Odabranim parametrima, po svakoj od karakteristika, procenjen je i dodeljen odgovarajući težinski koeficijent proporcionalan stepenu važnosti u sistemu. Za poredenje postavljenog TTZ modernizacije tenkova sa realizovanim rešenjima najsavremenijih tenkova stranih proizvođača, primenjena je višekriterijumska metoda optimizacije IKOR (Iterativno Kompromisno Rangiranje).

Ključne reči: tenk, karakteristike i parametri tenka, višekriterijumska optimizacija.

MULTICRITERIA CHOICE OF OPTIMUM TACTICAL TECHNICAL REQUIREMENTS FOR T-72, M-84 AND M-84A TANK MODIFICATIONS

Summary:

In the paper a methodology for making optimum tactical-technical requirements is suggested for the modification of existing tanks. The tank, as a system, is described by three main characteristics: FIREPOWER, PROTECTION AND MOBILITY. Each characteristic is defined by a determined number of parameters-criteria which described this complex system. For all characteristics, a corresponding weight coefficient is estimated and given to a chosen parameter in accordance with the importance of this parameter for the system. In order to compare the established tactical-technical requirements for the modified tanks with the realised characteristics of modern tanks, the ICOR (Iterative Compromise Ranking) method of optimisation is used.

Key words: tank, tank characteristics and parameters, multicriteria optimisation.

Uvod

Problem modernizacije tenkova u našoj vojsci, definisan u jednom od dokumenata taktičkog nosioca, naveo je na

razmišljanje kako na najjednostavniji način rešiti problem, odnosno definisati TTZ za modernizaciju. Ovakav prilaz problemu može se primeniti i za druge vrste sredstava naoružanja i vojne opreme. Opredelili smo se za šest tipova tenkova, čije se poslednje verzije nalaze u

* Rad je saopšten na naučno-stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 2. decembra 2003. u Beogradu.

operativnoj upotrebi nekih od svetskih armija. Izabrani su sledeći tenkovi:

- a) LEOPARD-2 A5,
- b) T-90,
- c) LECLERC,
- d) CHALLENGER 2E,
- e) MERKAVA Mk4,
- f) ABRAMS M1 A2.

Posmatrane su tri osnovne karakteristike borbenih oklopnih sredstava: vatrena moć, zaštita i pokretljivost. Svako od ovih karakteristika dodeljen je odgovarajući težinski koeficijent. Težinski koeficijenti, u rasponu od 1 do 10, dodeljeni su na bazi saznanja i iskustava taktičkog nosioca razvoja, i to:

- *vatrena moć*, težinski koeficijent 8,
- *zaštita*, težinski koeficijent 6,
- *pokretljivost*, težinski koeficijent 5.

Ulazni podaci

Za svaku od karakteristika odabrani su odgovarajući parametri – kriterijumi, i to: za *vatrenu moć* 20 parametara, za *zaštitu* 13 parametara i za *pokretljivost* 15 parametara (ukupno 48 parametara).

Za neke od navedenih podsistema i tenkovskih uređaja (SUV, PP uređaj, ABHO uređaj, radio-uređaj, itd.), u dostupnoj literaturi, nije bilo moguće doći do podataka koji ih deklariraju, što svakako ima uticaja na opis sistema kao celine, a time i na dobijanje relevantne ocene primerene realnim tenkovima.

Karakteristika *vatrena moć* definisana je preko sledećih parametara [1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11]:

1. Kalibar topa (mm),
2. Probojnost projektila (mm) na daljini od 2000 m,

3. Probojnost POVR (ProtivOklonih Vodenih Raketa) (mm) na daljini od 5000 m,

4. Brzina gađanja topa (n/min),
5. Elevacija topa (°),
6. Borbeni komplet topa (kom.),
7. Broj tipova municije (n),
8. Vođena raketa (da/ne),
9. Način punjenja topa (ručno – automatski),
10. Kalibar spregnutog mitraljeza 7,62 mm (da/ne),
11. Kalibar spregnutog mitraljeza 12,7 mm, (da/ne),
12. Broj spregnutih mitraljeza (n),
13. Bojevi komplet spregnutog mitraljeza (n),
14. Kalibar PAM-a (Protiv Avionskog Mitraljeza) (mm),
15. Mitraljez člana posade 7,62 mm (da/ne),
16. Bojevi komplet PAM-a (n),
17. SUV Sistem Upravljanja Vatrom (da/ne),
18. Broj članova posade (n),
19. Termovizija (da/ne),
20. Prvenstvo komandira (da/ne).

Prvih deset parametara *vatrene moći* prezentirani su u tabeli 1, a drugih deset u tabeli 2, s tim što su u prvoj koloni tenkovi pod istom slovnom oznakom kako je to dato u uvodu. U ostalim kolonama su napred definisani parametri pod istim rednim brojem. Težinski koeficijent dodeljen svakom od parametara *vatrene moći* prezentiran je u osmom redu tabela. Ove koeficijente procenili su autori rada i nalazi se u rasponu od 1 do 10, što se odnosi i na preostale dve karakteristike.

Karakteristika *zaštita* posade i tenka opisana je sledećim parametrima:

1. Ekvivalent zaštite od kumulativnih projektila (mm),
2. Ekvivalent zaštite od potkalibarnih projektila (mm),
3. Eksplozivno-reaktivni oklop (da/ne),
4. Protivkumulativne zavese (da/ne),
5. Detekcija laserskog i IC (InfraCrveno) zračenja (da/ne),
6. Sistem za detekciju protivnika (da/ne),
7. Bočna silueta (%),
8. Čeona silueta (%),
9. Uređaj ABHO (Atomsko Biološko Hemijske Odbrane) (da/ne),
10. PP (ProtivPožarni) uređaj (da/ne),
11. Dimne kutije (da/ne),

12. Uređaj za stvaranje dimne zavese (da/ne),

13. Uređaj za samoukopavanje (da/ne).

Vrednosti parametara zaštite posade i tenka [1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11] prezentirani su u tabeli 3.

Za karakteristiku *pokretljivost* izabrani su sledeći parametri:

1. Specifična snaga (kW/t),
2. Borbena masa (t),
3. Najveća brzina (km/h),
4. Najveća snaga motora (kW),
5. Krstareća brzina (km/h),
6. Broj stepeni prenosa transmisije (n),
7. Autonomija kretanja (km),
8. Najveći uspon (%),

Tabela 1

Tenk	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
a	120	640	0	5	29	42	2	0	1	1
b	125	560	770	7	27	43	5	1	2	1
c	120	640	0	11	23	40	2	0	2	0
d	120	250	0	5	30	50	6	0	1	1
e	120	400	0	5	28	50	3	0	1	1
f	120	720	0	5	30	40	2	0	1	1
Tež. koef.	10	10	10	8	7	8	8	9	7	6

Tabela 2

Tenk	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
a	0	1	2000	7,62	1	2000	1	4	1	1
b	0	1	2000	12,7	1	300	1	3	1	1
c	1	1	800	7,62	1	2000	1	3	1	1
d	0	1	2000	7,62	1	2000	1	4	1	1
e	0	1	2000	7,62	2	4000	1	4	1	1
f	0	1	2800	12,7	1	1000	1	4	1	1
Tež. koef.	8	5	7	8	5	7	8	5	8	7

Tabela 3

Tenk	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
a	850	700	0	1	1	1	100	68,84	1	1	8	1	0
b	1120	795	1	1	1	1	73,25	55,04	1	1	12	1	1
c	950	750	0	1	1	1	81,05	88,37	1	1	9	1	0
d	1050	800	1	1	1	1	99,31	92,40	1	1	10	0	1
e	900	750	1	1	1	1	96,44	100	1	1	12	0	0
f	850	700	1	1	1	1	92,54	92,09	1	1	12	0	0
Tež. koef.	10	10	10	9	7,5	7,5	7,5	7,5	6	4,5	6	6	3

Tabela 4

Tenk	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
a	20,00	55,00	68,00	1100	50,00	6	550	60
b	15,83	46,50	65,00	736	40,00	8	500	60
c	19,47	56,50	71,00	1100	50,00	6	720	60
d	14,52	62,00	60,00	900	50,00	7	500	60
e	17,00	65,00	65,00	1100	45,00	7	500	70
f	15,83	69,50	67,00	1100	48,00	6	465	60
Tež. koef.	10	9	7,5	9	7	5	5	6,5

Tabela 5

Tenk	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
a	3,00	1,20	0,54	0,80	4,00	0,89	1
b	2,80	0,80	0,47	1,20	5,00	0,87	1
c	3,00	1,70	0,50	1,00	4,00	0,98	1
d	2,34	0,90	0,50	1,07	1,07	0,93	2
e	3,50	1,00	0,53	1,38	2,00	0,96	1
f	2,74	1,06	0,48	1,20	4,00	1,055	2
Tež. koef.	6,5	6,5	6,5	6	6	6,5	4

9. Širina rova (m),

10. Visina vertikalne prepreke (m),

11. Klirens (m),

12. Dubina vodene prepreke bez pripreme tenka (m),

13. Dubina vodene prepreke sa OPVT (Oprema za Podvodnu Vožnju Tenka) (m),

14. Specifični pritisak na tlo (bar),

15. Sistem za navigaciju (da/ne).

Vrednosti parametara karakteristike *pokretljivost* tenka [1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11] date su u tabelama 4 i 5.

Višekriterijumsko rangiranje tenkova

Ulaznim podacima (48 parametara) iz prethodne celine ovoga rada, detaljno je opisano šest najsavremenijih tenkova. Višekriterijumskom optimizacijom, izvršeno je višekriterijumsko rangiranje tenkova po kvalitetu, na osnovu brojčanih vrednosti za svaki od parametara. U radu je primenjena metoda višekriterijumske optimizacije IKOR [2]. Rangiranje tenko-

va po datim parametrima, primenom programskog paketa IKOR, odvijalo se u nekoliko koraka – iteracija:

– rangirani su tenkovi po sve tri karakteristike zajedno bez težinskih koeficijenata (svih 48 parametara ima isti značaj – težinu), a u sledećoj iteraciji uz primenu težinskih koeficijenata (svakom od 48 parametara dodeljen je odgovarajući težinski koeficijent);

– rangirani su tenkovi po karakteristici *vatrena moć* po 20 parametara koji opisuju ovu karakteristiku i imaju isti značaj – težinu. U sledećem koraku izvršeno je identično rangiranje ali uz primenu težinskih koeficijenata;

– rangirani su tenkovi po karakteristici *zaštita* po 13 parametara koji opisuju ovu karakteristiku i imaju isti značaj – težinu, a zatim uz primenu težinskih koeficijenata;

– rangirani su tenkovi po karakteristici *pokretljivost* (15 parametara) koji opisuju ovu karakteristiku i imaju isti značaj – težinu, a zatim uz primenu težinskih koeficijenata.

Rezultati višekriterijumskog rangiranja

Tabela 9

Dobijene rang liste tenkova realno odslikavaju kvalitet tenkova, vodeći računa samo o datim ulaznim parametrima.

U tabeli 6 prikazani su rezultati rangiranja tenkova po sve tri karakteristike bez težinskih koeficijenata.

Tabela 6

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	MERKAVA Mk4
3.	CHALLENGER 2E
4.	ABRAMS M1 A2
5.	LECLERC
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 7 prikazani su rezultati rangiranja tenkova po sve tri karakteristike sa primenom težinskih koeficijenata.

Tabela 7

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	MERKAVA Mk4
3.	ABRAMS M1 A2
4.	LECLERC
5.	CHALLENGER 2E
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 8 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristici *va-trena moć* bez težinskih koeficijenata.

Tabela 8

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	MERKAVA Mk4
3.	LECLERC
4.	ABRAMS M1 A2
5.	CHALLENGER 2E
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 9 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristici *va-trena moć* sa primenom težinskih koeficijenata.

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	MERKAVA Mk4
3.	ABRAMS M1 A2
4.	LECLERC
5.	CHALLENGER 2E
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 10 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristici *zaštita* bez težinskih koeficijenata.

Tabela 10

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	CHALLENGER 2E
3.	LECLERC
4.	ABRAMS M1 A2
5.	MERKAVA Mk4
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 11 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristici *zaštita* sa primenom težinskih koeficijenata.

Tabela 11

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	CHALLENGER 2E
3.	LECLERC
4.	MERKAVA Mk4
5.	ABRAMS M1 A2
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 12 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristici *pokretljivost* bez težinskih koeficijenata.

Tabela 12

Rang	Tenk
1.	LECLERC
2.	LEOPARD-2 A5
3.	MERKAVA Mk4
4.	T-90
5.	ABRAMS M1 A2
6.	CHALLENGER 2E

U tabeli 13 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristici *po-*

kretljivost sa primenom težinskih koeficijenata.

Tabela 13

Rang	Tenk
1.	LECLERC
2.	LEOPARD-2 A5
3.	MERKAVA Mk4
4.	T-90
5.	ABRAMS M1 A2
6.	CHALLENGER 2E

Analiza rezultata rangiranja

Analizom rezultata rangiranja tenkova (tabele 6 do 13), kao najbolje rangirani tenk u većini tabela je tenk T-90. Ovaj tenk zauzima prvu poziciju u tabelama 6 i 7 (bez i sa težinskim koeficijentima) gde su tenkovi međusobno rangirani po 48 parametara. Takođe, T-90 je najbolje rangiran kada je u pitanju *vatrena moć* (tabele 8 i 9). Prvo mesto T-90 je zadržao i kod rangiranja po 13 parametara karakteristike *zaštita* (tabele 10 i 11). Po *pokretljivosti* (tabele 12 i 13) T-90 zauzima tek četvrtu poziciju. Uprkos četvrtom mestu po *pokretljivosti*, T-90 zadržava sveukupno prvu poziciju zahvaljujući velikoj superiornosti po preostale dve karakteristike.

Tenk MERKAVA Mk4 zauzima drugu poziciju kad su tenkovi rangirani po svih 48 parametara (tabele 6 i 7). Ovu poziciju mu obezbeđuju povoljni parametri karakteristike *vatrena moć* (druga pozicija u tabelama 8 i 9). Za karakteristiku *pokretljivost*, isti tenk, u tabelama 12 i 13, rangiran je na solidnoj trećoj poziciji. U tabelama 10 i 11 (karakteristika *zaštite*) isti tenk je rangiran na petoj, odnosno četvrtoj poziciji.

Iznenadujuće nepovoljno u ovom rangiranju je prošao tenk LEOPARD-2

A5. U tabelama 6, 7, 8, 9, 10 i 11 nalazi se na začelju rang lista. Očigledno je da su mu parametri karakteristika *vatrene moći* i *zaštite* inferiorni u odnosu na druge tenkove. Ovaj tenk raspolaže dobrim parametrima *pokretljivosti*, koji ga dovođe na drugu poziciju u tabelama 12 i 13, ali mu to ne omogućava bolji rang u tabelama 6 i 7.

Za tenk LECLERC se analizom tabela od 6 do 13 mogu izvesti sledeći zaključci:

- u tabelama 6 i 7 u kojima su tenkovi rangirani po parametrima sve tri karakteristike, ovaj tenk nije najbolje rangiran. U tabeli 6 pozicija 5 i u tabeli 7 pozicija 4, očigledno da mu primena težinskih koeficijenata omogućava bolji rang;

- u tabelama 8 i 9, karakteristika *vatrena moć*, nalazi se na trećoj, odnosno četvrtoj poziciji. U ovom slučaju, primena težinskih koeficijenata pomerila ga je na nepovoljniju poziciju;

- kada je u pitanju karakteristika *zaštite*, tabele 10 i 11, ovaj tenk zauzima istu treću poziciju. U ovom slučaju primena težinskih koeficijenata nije imala uticaja na zauzeto mesto;

- po parametrima karakteristike *pokretljivost*, ovaj tenk, bez obzira na primenu težinskih koeficijenata, sigurno je rangiran na prvu poziciju.

Za tenk CHALLENGER 2E analizom tabela od 6 do 13 mogu se istaći sledeća zapažanja:

- sa promenom karakteristika rangiranja ovaj tenk upadljivo menja pozicije na prezentiranim rang listama;

- u tabelama 6 i 7, gde su rangirani parametri sve tri karakteristike, ovaj tenk

je na pozicijama 3, odnosno 5. Interesantno je to da je sa primenom težinskih koeficijenata ovaj tenk lošije rangiran za čak dva mesta;

– u tabelama 8 i 9, karakteristike *vatrena moć* ovaj tenk, bez obzira na primenu težinskih koeficijenata, uvek je rangiran na petoj poziciji.

– kada je u pitanju karakteristika *zaštite*, tabele 10 i 11, ovaj tenk zauzima drugu poziciju, bez obzira na primenu težinskih koeficijenata tako da je po ovoj karakteristici najbolje rangiran;

– u karakteristici *pokretljivost*, tabele 12 i 13, ovaj tenk bez obzira na primenu težinskih koeficijenata, zauzima šestu, odnosno poslednju poziciju.

I na kraju, za tenk ABRAMS M1 A2, analizom tabela od 6 do 13, može se zaključiti da je relativno nepovoljno rangiran zbog sledećeg:

– i za ovaj tenk može se izvući zajednički zaključak da sa promenom karakteristika rangiranja i on menja poziciju na rang listama;

– u tabelama 6 i 7, u kojima su tenkovi rangirani po parametrima sve tri karakteristike, na rang mesto ovoga tenka imali su uticaja težinski koeficijenti. U tabeli 7, koja je formirana uz primenu težinskih koeficijenata ovaj tenk je na trećoj poziciji, a u tabeli 6, gde ovi koeficijenti nisu uzeti u obzir, tenk je rangiran na poziciji četiri;

– ista je situacija u tabelama 8 i 9, gde su tretirani parametri karakteristike *vatrena moć*, u tabeli 9, gde su u obzir uzeti težinski koeficijenti, ovaj tenk je na trećoj poziciji. U suprotnom slučaju, u tabeli 8 rangiran je na poziciji četiri;

– u tabelama 10 i 11, gde su razmatrani parametri *zaštite*, težinski koefici-

jenti imali su obrnuti efekat. U tabeli 10, gde nisu primenjeni težinski koeficijenti tenk je rangiran na poziciji četiri, a u tabeli 11, na poziciji pet;

– u tabelama 12 i 13, gde su tretirani parametri *pokretljivosti*, ovaj tenk je rangiran na poziciji pet, bez obzira na primenu težinskih koeficijenata.

Zaključak

Matricu formata 48×6 , sa 48 parametara za šest tenkova, jednostavnim posmatranjem nije lako sagledati, s obzirom na veliki broj parametara od kojih neki treba da imaju što veće vrednosti, a drugi, obrnuto što manje. Pogodnost primene metode višekriterijumskog rangiranja IKOR u toku izrade TTZ za modernizaciju i usavršavanje tenkova T-72, M-84 i M-84A, ogleda se u tome što analizira matricu od 48 parametara i daje rang listu tenkova po svim parametrima ili po pojedinim karakteristikama.

Skup superiornih rešenja za sve tri karakteristike čine tenkovi T-90 i MERKAVA Mk4 koji u većini tabela od 6 do 13 zauzimaju prvo, odnosno drugo mesto. Izvršena analiza preporučuje taktičkom nosiocu razvoja da taktičko-tehničke zahteve za modernizaciju i usavršavanje tenkova T-72, M-84 i M-84A prilagodi ostvarenim i primenjenim rešenjima na tenkovima T-90 i MERKAVA Mk4, po svim elementima konstrukcije i koncepcije tenkovskih sistema, sklopova i uređaja.

Tenk T-90 ostvaruje prednost u *vatrenoj moći* zahvaljujući najvećem kalibru topa i što jedini ostvaruje značajnu probojnost na 5000 m. Kao što se iz tabela 12 i 13 može uočiti tenk T-90 nema najbolje karakteristi-

ke *pokretljivosti*. Ovo je posledica nedovoljno snažnog motora, u odnosu na ostale tenkove, što za posledicu ima najmanju specifičnu snagu, najbitniji parametar *pokretljivosti*. Treba svakako imati u vidu da su tenkovi T-72, M-84 i M-84A prethodna generacija tenka T-90. Na ovim tenkovima će biti relativno lakše sprovesti izmene i poboljšanja konstrukcije, u duhu izvedene konstrukcije tenka T-90.

Literatura:

[1] Podaci o naoružanju, Tenkovi 3. deo, Vojnotehnički institut VSCG, 2001.

- [2] Opricović, S.: Višekriterijumska optimizacija, Naučna knjiga, Beograd, 1986.
- [3] Đorđević, M.; Arsić, S.: Monografija Tenkovi 1945–2005. Novinsko-izdavački centar Vojska, 1997.
- [4] Stojaković, D.: Postavljanje i ugradnja ELEMENATA ITOb pri modifikaciji tenkova (specijalistički rad), Vojnotehnička akademija VJ, 2001.
- [5] Ostojić, D.; Đokić, D.; Knežević Z.: Prilog metodologiji prijema tehničkih zaštitnih sredstava višekriterijumskim rangiranjem, Zbornik radova sa simpozijuma SYM-OP-IS, Kupari, 1989.
- [6] Prospektni materijal proizvođača tenkova LEOPARD 2.
- [7] Prospektni materijal proizvođača tenkova MERKAVA Mk3.
- [8] Priručnik Naoružanje i oprema stranih armija, br. 12, od 2.11.2002.
- [9] Kočevar, I.: Savremeni tenkovi u svetu, Novinsko-izdavački centar Vojska, 1988.
- [10] Katalog namenske opreme francuskih OS za 2002. godinu, knjiga B.
- [11] Taktičko-tehnički podaci VTI sektor 09.