

UTICAJ METEOROLOŠKIH I HIDROLOŠKIH ELEMENTATA NA REALIZACIJU ZADATAKA REČNIH JEDINICA

Slaven Komljenović
Vojska Srbije, Kopnena vojska, Rečna flotila
Rade Slavković
Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija
Šerif Bajrami
Vojska Srbije, Kopnena vojska, Rečna flotila

Predviđanje vremenskih uslova danas ne predstavlja samo tačnu vremensku prognozu nego je i važan činilac koji utiče na planiranje upotrebe rečnih jedinica. Meteorološki i hidrološki elementi nisu faktor koji stalno i jednako deluje. Oni utiču na niz borbenih dejstava u kontinuitetu, kako u negativnom, tako i u pozitivnom smislu, različitim intenzitetom. Primena metoda višekriterijumskog odlučivanja pomaže u određivanju kritičnih (odlučujućih) meteoroloških i hidroloških elemenata prilikom donošenja odluke o upotrebi rečnih jedinica u operacijama.

Ključne reči: *višekriterijumsko odlučivanje, rečne jedinice, meteorološki elementi, hidrološki elementi, analitički hijerarhijski proces, AHP metoda*

Uvod

Uticaju vremenskih uslova na oružane sukobe kroz istoriju postoje verodostojni podaci. Činjenica je da su mnogi komandanti dobili bolne lekcije ignorišući uticaj vremenskih uslova na operacije.

Da bi se izabrao najbolji put za postizanje željenog cilja treba uzeti u obzir mnogo faktora, među kojima su, svakako, meteorološki i hidrološki elementi. Za kvalitetnu odluku važno je poznavati i predvideti meteorološke i hidrološke uslove, stanje tla i drugih parametara u budućoj zoni operacije i to znanje implementirati tokom celog procesa operativnog planiranja. Komandantima plovnih jedinica ovakav pristup pomaže da formulišu i razviju varijante upotrebe u operaciji, te donesu pravovremenu, izvodljivu i svrsishodnu odluku. Poznavanje uslova u budućoj zoni operacije omogućava komandantima plovnih jedinica da umanje negativne efekte vremenskih uslova i iskoriste povoljne uslove kao prednost.

Specifičnosti unutrašnjih plovnih puteva, u kojima rečne jedinice izvršavaju zadatke, kao i specifična oprema i naoružanje kojima raspolažu, uslovljavaju obim i kvalitet pripreme za zadatke, kao i uspešnost izvršenja zadataka u operaciji.

Za savremene vojne operacije od presudnog značaja nisu više veličina oružanih snaga, opremljenost, kao ni nadmoćnost u materijalnim resursima. Danas oružane snage sa

slabijim potencijalima mogu neutralisati nadmoć neprijatelja ako uspešno izaberu način, vreme i mesto upotrebe svojih snaga. Da bi se uspešno upotrebile snage rečnih jedinica u operacijama potrebno je, pored ostalog, predviđati i očekujuće meteorološke i hidrološke uslove u zoni operacije na unutrašnjim plovnim putevima.

Meteorološki i hidrološki elementi ne ispoljavaju uvek isti međusobni uticaj, kao što ne utiču uvek isto na plovne objekte. Ova činjenica može otežati donošenje odluke, a analitički hijerarhijski proces pomaže u određivanju prioriteta i dovodi do optimalnih i racionalnih odluka u slučajevima kada su uzeti u obzir i kvalitativni i kvantitativni aspekti.

Meteorološki i hidrološki elementi

U meteorološkom smislu vreme je momentalno stanje atmosfere, određeno meteorološkim karakteristikama. Kao činilac u vojnim operacijama ono je od svakodnevnog praktičnog značaja. Iskustva iz ne tako daleke prošlosti, pa i ona iz rata na prostorima bivše SFRJ, kao i NATO agresije na Saveznu Republiku Jugoslaviju, pokazala su da je za pravilno donošenje odluka o upotrebi snaga na određenom prostoru od neprocenjive važnosti poznavanje i predviđanje meteoroloških i hidroloških uslova, stanja tla i drugih parametara. Zbog negativnog uticaja meteoroloških ili hidroloških elemenata na unutrašnjim plovnim putevima (UPP) Republike Srbije može da bude dovedena u pitanje mogućnost sadejstva brodova sa jedinicama avijacije ili snagama Kopnene vojske. Oni mogu da ispolje svoj uticaj na manevar rečnih jedinica, izvršenje desanta, diverzantske akcije, izviđanje, izvršenje vatrenih prepada, zaštitu obale, prevoženje, minska i protivminska dejstva. Meteorološki i hidrološki elementi utiču direktno i intenzivno na brodove i na brodske posade.

Radi toga javlja se potreba kontinuiranog praćenja, poznavanja i predviđanja meteoroloških uslova u rejonu baziranja brodova, zoni operacije i u rejonu baziranja snaga potencijalnog neprijatelja.

Posebno su važni podaci o meteorološkim i hidrološkim elementima, kao što su:

- vodostaj,
- mogućnost pojave magle i leda (ledohod–ledostaj),
- vrsta i količina padavina,
- smer i brzina vetra i
- temperatura.

Meteorološki elementi

Meteorološki elementi su promenljive veličine ili pojave koje određuju stanje atmosfere na određenom mestu u određeno vreme. U osnovne meteorološke elemente ubrajaju se:

- Sunčevo zračenje (insolacija),
- Zemljino izračivanje (radijacija),
- horizontalna vidljivost,
- temperatura vazduha i zemlje,
- vazdušni pritisak,
- vlažnost vazduha i isparavanje (evaporacija),
- oblačnost,
- dužina trajanja Sunčevog sisanja,

- količina (visina) padavina,
- smer i brzina vetra.

Vrednosti meteoroloških elemenata određuju se osmatranjem i merenjem na meteorološkim stanicama. Meteorološki elementi se neprestano menjaju pod uticajem meteoroloških faktora, pa se oni nazivaju i modifikatorima klime. Najpoznatiji meteorološki faktori su:

- geografska širina,
- nadmorska visina,
- atmosfera,
- raspodela kopna i vode,
- reljef zemljišta,
- udaljenost od mora, jezera,
- vrsta zemljišta,
- biljni pokrivač i
- čovekova aktivnost.

Meteorološke pojave su: magla, oblaci, kiša, sneg, grad, rosa, slana, grmljavina i druge. Meteorološke pojave i meteorološki elementi čine skup meteoroloških uslova koji utiču na izvršenje zadataka rečnih jedinica u operacijama.

Temperatura vazduha

Od svih meteoroloških elemenata i pojava na svakodnevni život i rad posada u plovnim jedinicama najviše utiču temperatura i vlažnost vazduha. Štetnom uticaju drugih meteoroloških elemenata i pojava brodske posade su manje izložene i za kraće vreme. U prostorijama u kojima rade brodske mašine, kao i u drugim zatvorenim prostorijama, teško je obezbediti podnošljivu atmosferu, posebno temperaturu i vlažnost. U brodskim prostorijama bez prozora i prirodne ventilacije, kao i bez klima uređaja, u letnjim sunčanim danima stvaraju se vrlo teški uslovi za rad, koji dovode do opadanja fizičke sposobnosti posade. Visoke i niske temperature najčešći su uzročnik promena vremenskih uslova. Obe umanjuju čovekove radne i borbene sposobnosti.

Temperatura od 18°S je najpovoljnija za delatnost čoveka u srednjim geografskim širinama. Ekstremne temperature nepovoljno se odražavaju na preciznost nišanja, tačnost kormilaranja, brzinu posluživanja raznih uređaja i pravovremenost reagovanja na promene situacije u toku dejstava.

Odnos temperature i vlažnosti vazduha bitno utiče na zdravstveno stanje posade, kao i na izdržljivost pri izvršenju različitih zadataka. Uz 90% relativne vlažnosti, već na temperaturi od 24°S, nastupa osećaj malaksalosti. Telo se znoji, jer je vazduh blizu zasićenosti i čovek se neugodno oseća. Relativna vlažnost vazduha omogućava jače ili slabije isparavanje. Ako je vazduh suv, ljudski organizam može da podnese i znatno višu temperaturu. Ukoliko su članovi posade broda duže izloženi visokim temperaturama, može doći do raznih organskih smetnji, kao što su glavobolja i malaksalost, koje mogu imati i teže posledice. Ustanovljeno je da 26°S predstavlja maksimalnu dozvoljenu temperaturu za obavljanje teških radova. Pri temperaturi od 21°S čovek ima dvostruko veći učinak rada nego pri temperaturi od 34°S i više. Najpovoljnija relativna vlažnost po hladnom vremenu je od 40 do 50%, a po toplom od 50 do 60%.¹

¹ Vojna meteorologija, DSNO, Beograd, 1968, str. 160.

Zagrevanjem lako zapaljivih materijala na brodovima stvaraju se i uslovi za izbijanje požara.

Niske temperature su manje značajne za uslove ratovanja u nižim i srednjim geografskim širinama, za razliku od polarnih i subpolarnih područja. Na brodskim palubama dolazi do mržnjenja ostatka vode na palubi. Nastala poledica onemogućava upotrebu nekih oružja, a borbena sposobnost posade je smanjena. Takođe, usled niskih temperatura dolazi i do pojave leda na rekama, ukoliko nije reč o ledu koji uzvodno pristiže u vidu santi.

Temperatura vazduha neposredno utiče na agregatno stanje bojnih otrova, njihove postojanosti i isparljivosti, odnosno na gustinu kontaminiranosti i koncentracije u vazduhu, a posebno na stabilnost vazduha koja reguliše ponašanje bojnih otrova u prizemnom sloju vazduha. Pri promenama temperature vazduha, niz bojnih otrova prelazi iz jednog agregatnog stanja u drugo. Na taj način, mogućnost primene bojnih otrova u znatnoj meri zavisi od temperature vazduha. Ova činjenica, takođe, može biti značajna pri donošenju odluke o upotrebi snaga u operaciji.

Visoka temperatura vazduha uništava mnoge patogene bakterije, dok su virusi veoma otporni na povišenu temperaturu. Neke vrste bakterija su otporne prema niskim temperaturama. One mogu da se zamrznu i u tom stanju ostanu veoma dugo, a posle toga, kad otople, ponovo ožive.

Temperatura vazduha utiče i na dekontaminaciju. Ovaj uticaj ogleda se u tome da viša temperatura pogoduje pripremi i upotrebi dekontaminacionih rastvora, ali je otežan rad ljudi u zaštitnim odelima, a na niskim temperaturama otežana je dekontaminacija i onemogućena upotreba nekih materija za dekontaminaciju.² Ove činjenice potrebno je uzeti u obzir kada se planira upotreba rečnih jedinica uz pretpostavku da će biti upotrebljena hemijsko-biološka oružja, odnosno kada se donosi odluka o prolasku kroz kontaminiranu zonu ili njeno izbegavanje.

Vrlo niske i veoma visoke temperature negativno utiču na barut, što se odražava na daljinu gađanja i rasturanje pogodaka, pa je potrebno uzimati tablične korekture. Zbog toga su prilikom snabdevanja broda municijom potrebne posebne mere čuvanja i transporta municije. Ekstremne temperature utiču i na paljenje i rad motora na plovnim objektima, što treba uzeti u obzir prilikom pripreme brodova u plovnim jedinicama.

Smer i brzina vetra

Na vetar kao prirodnu prepreku na unutrašnjim plovnim putevima praktično se ne može delovati. On ugrožava plovidbu svojom brzinom, odnosno pritiskom na plovilo, a posredno stvaranjem talasa visine dva do tri metra. Kritične brzine vetra određuju se za sve vodotokove radi određivanja trenutka prekida plovidbe.

Podaci o karakteristikama režima vetra interesantni su sa stanovišta trajanja navigacijskog perioda i sigurnosti plovila. Kritične vrednosti određenih karakteristika vetra nisu jedinstvene za sve plovne reke, nego se definišu za svaku posebno, što zavisi od uticaja niza činilaca (za Dunav su kao kritične usvojene jačine vetra od šest stepeni Boforove³ skale (6 Bf), što odgovara brzini od 12,4 m/s za nizvodnu plovidbu, odnosno od 8 Bf (18,2 m/s) za uzvodnu plovidbu).

² Isto, str. 202.

³ Skala je nazvana po admiralu Frensisu Boforu (Sir Francis Beaufort) koji ju je oblikovao, standardizovao i preporučio za upotrebu 1805. godine.

Vetar utiče na brzinu kretanja broda, povećavajući ili smanjujući je. Bočni vetar zanoši brod, pa se moraju vršiti korekcije za vreme plovljenja. Jak vetar, naročito olujne jačine, pored teškoća koje stvara u vođenju broda, izaziva talase koji otežavaju manevar, i može da ograniči, pa čak i onemogućiti vožnju i upotrebu broda u borbenim uslovima. U borbenim dejstvima vetar uslovljava položaj i trajnost dimne zavese, nanosi dim iz vatrenih oruđa na gađača ili neprijatelja. Polaganje dimne zavese je neefikasno pri brzinama vetra preko 14 km/h.⁴ Pri upotrebi NHB sredstava vetar raznosi kontaminant, smanjujući njegovu koncentraciju na određenom delu, a šireći ga na ostale neinteresantne delove bojišta. Promenom smera duvanja vetar može naneti kontaminant i na vlastite snage.

Zbog jakog vetra brodovi mogu da skrenu sa planiranog puta i da se nasukaju na obalu. Usled ovakvog uticaja vetra napadač mnogo gubi u vremenu, vršeci dopunske popravke, i dolazi u nepovoljniji položaj.

Vetar utiče i na rad brodske posade. Boravak posade na palubi za vreme jakog vetra je veoma otežan, jer snažni udari vetra mogu da obore i ozlede čoveka. Pri takvim uslovima otežan je rad i smanjena efikasnost posade. Vetar pojačava uticaj hladnoće, tako da je, na primer, pri temperaturi +10°S i brzini vetra od 32 km/č ekvivalent hlađenja kao na 0°S bez vetra. U tabeli 1 prikazani su podaci o realnim vrednostima temperature i ekvivalentima hlađenja pod uticajem vetra (efekat pothlađivanja – „windchill factor”).

Tabela 1 – Tabela realnih temperatura vazduha i subjektivnog osećaja temperature pod uticajem vetra – pothlađivanje⁵

Brzina vetra		Temperatura vazduha u °C							
m/s	km/h	- 1	- 4	- 7	- 9	- 12	- 15	- 18	- 20
2,22	8	- 3	- 6	- 11	- 11	- 14	- 18	- 21	- 23
4,44	16	- 9	- 16	- 19	- 24	- 26	- 26	- 30	- 32
6,66	24	- 13	- 16	- 18	- 24	- 27	- 31	- 34	- 38
8,88	32	- 15	- 19	- 20	- 27	- 30	- 35	- 39	- 43
11,1	40	- 17	- 21	- 22	- 30	- 33	- 37	- 42	- 46
13,3	48	- 18	- 22	- 24	- 31	- 36	- 38	- 45	- 48
15,5	56	- 19	- 23	- 27	- 32	- 37	- 40	- 46	- 50
17,7	64	- 20	- 24	- 29	- 33	- 38	- 41	- 47	- 50
20	72	- 21	- 25	- 30	- 34	- 39	- 42	- 48	- 52

⁴ FM 34-81 borbeno uputstvo vojske SAD, apendiks B, Weather support for army tactical operations, str. B-4, (preuzeto 03.10.2014. u 23.30 h sa internet stranice <http://www.foia.af.mil/shared/media/document/afd-080708-021.pdf>)

⁵ Borbeno uputstvo vojske SAD, strana 91, Apendiks B-4 (preuzeto 03.10.2014. u 23.30 h sa internet stranice <http://www.foia.af.mil/shared/media/document/afd-080708-021.pdf>)

Jak vetar, slaba vidljivost i jake padavine mogu da otežaju ili čak da onemogućie izvršenje desanta, pogotovo ako se on vrši na neuređenu obalu. U takvim uslovima brzina iskrnavanja se smanjuje.

Uticaj vetrova na ponašanje zvuka u vodi izražava se posredno, kroz isparavanje rečne površine i stvaranje talasa. Jaki vetrovi mogu čak i u potpunosti onemogućiti upotrebu pojedinih nosilaca hidroakustičkih sredstava. Stanje površine reke za vreme jakih vetrova ne pogoduje rasprostranju zvučnih talasa, odnosno, javlja se difuzno rasipanje zvučne energije, pa opada i sposobnost detekcije. U slučaju upotrebe hidroakustičkih sredstava za vreme vetrova treba voditi računa da je kontakt mnogo sigurniji pri osmatranju niz vetar, nego u smeru vetra. Jak vetar nosi sobom i pesak, prašinu i druge materijale, takođe nanese dodatnu štetu, a na radaru lažne odraze i smetnje.

Od mnoštva vetrova koji duvaju u zahvatu unutrašnjih plovnih puteva najpoznatiji je košava koja duva jačinom od 20 do 60 km/h, dolinom Dunava od Golupca i rasprostire se na sve strane. Najveća brzina košave je kod Golupca i iznosi oko 100 km/h. Retko kad duva samo jedan dan, obično traje dva do tri dana, a nekad i dve do tri nedelje. Na Dunavu između Golupca i Novog Sada stvara talase visine 1,5 m, te time sprečava plovidbu, kida pontonske mostove, smanjuje vidljivost i utiče na primenu navigacijskog radara. Košava srednje jačine obično duva na severu do Tamiša, na zapadu do Dunava i Morave, a na jugu do Crne Reke. Jaka košava se širi po celoj Vojvodini, a na jugu Srbije do Niša, Kruševca i Kraljeva, pa i nešto dalje. Opšti smer košave je jugoistočni. Međutim, hladne vazdušne mase koje dolaze sa košavom iz istočne Evrope uglavnom se probijaju rečnim dolinama i kotlinama, usled čega smer košave u raznim mestima odstupa od svog opšteg pravca. Velika količina hladnog vazduha probija se dolinom Dunava kroz Đerdapsku klisuru, pri čemu dolazi do jakog sabijanja vazdušnih strujnica, a kao rezultat toga stvara se veoma jak vetar na izlazu iz klisure kod Golupca i Velikog Gradišta. Osim toga, veliki deo hladnog vazduha probija se u Srbiju južnije od Dunava, preko planina Kučaja, Homolja, Miroča i Deli-Jovana. Na njihovim zapadnim i severozapadnim stranama košava ima fenski karakter. Na istočnim i jugoistočnim stranama ove planine su za vreme košave pokrivenne oblacima iz kojih ponekad pada kiša.

Košava se uglavnom javlja u hladno doba godine, od oktobra do aprila. Njena srednja brzina iznosi od 5 do 10 m/s, sa udarima koji dostižu brzinu 25 m/s do 30 m/s.

Kako košava na Dunavu stvara visoke talase (na pojedinim mestima i do dva metra), osim smetnji pri plovidbi, posredno utiče na rad navigacijskog radara usled pojave ometajućih odraza. Oni se javljaju zbog refleksije elektromagnetnih impulsa od prednjih ivica talasa, kao mnogobrojni tačkasti odrazi, gušći i izrazitiji prema sredini zaslona katodne cevi, koji su promenljivi i nestalni. Smetnje su najjače na manjim udaljenostima od broda, jer je deo reflektovane elektromagnetne energije veći. Pri maksimalnoj brzini košave dolazi do poremećaja u putničkom i železničkom saobraćaju, o čemu svedoče primeri prevrtanja vozila i železničkih vagona. Košava dopire do visine 1000 do 1500 metara, a iznad te visine obično postoji jugozapadni vetar.⁶ Prati je suvo vreme, a gotovo redovno nakon njenog prestanka počinje da pada kiša ili sneg.⁷ U zavisnosti od toga da li hladan vazduh dolazi u košavsko područje sa jugoistoka, istoka ili severoistoka, dolazi do pove-

⁶ Vojna meteorologija, DSNO, Beograd, 1968, str. 97.

⁷ Isto, str. 97.

ćanja ili sniženja temperature. Kada dolazi sa jugoistoka uvek dolazi do povećanja temperature, sa istoka do povećanja ili sniženja, a sa severoistoka uvek do sniženja temperature.⁸ Ova činjenica može biti značajna prilikom predviđanja razvoja vremenske situacije i donošenja odluke o upotrebi rečnih jedinica u području unutrašnjih plovih puteva.

Padavine

Padavinama se nazivaju svi oblici kondenzovane i sublimirane vodene pare u vazduhu, koji se na tlu pojavljuju u tečnom ili čvrstom stanju. Stvaraju se neposredno na zemlji-
noj površini ili pojedinim predmetima na njoj ili u oblaku nakon čega padaju na zemlju (vi-
soke padavine). Prema tome, postoje dve vrste padavina.⁹ One koje se stvaraju na povr-
šini jesu: rosa, slana, inje i poledica, a u drugu grupu spadaju: kiša, sneg, ledene iglice,
susnežica, krupa, sugradica, grad i sleđena kiša.

Panonska oblast ima najmanju količinu padavina. Prostori Bačke i Banata u zaobalju
Tise primaju godišnje 500 do 600 mm padavina, a neki delovi Vojvodine i manje od 400
mm. Februar je najsušniji mesec u ovoj oblasti. Zima je period sa najmanje padavina, a
jesen sa najviše. U oktobru su padavine najčešće, a pljuskovi su karakteristični za letnji
period. Grad se javlja u Bačkoj, Šumadiji i Pomoravlju. Snežne padavine javljaju se to-
kom zime u celoj oblasti, a sneg se zadržava negde duže, a negde kraće.

Primarni značaj padavina u vojnim operacijama je njihov uticaj na zemljište, vidljivi-
nost, efikasnost ljudstva, funkcionisanje manevrisanja jedinicama na zemljištu, avijaciju,
radarske i infracrvene uređaje. Uticaj na prohodnost puteva je takođe značajan, jer jaka
kiša može učiniti lošije puteve i prohodno zemljište neprohodnim.

Kiša i sneg mogu znatno da redukuju:

- efikasnost ljudstva ograničenjem vidljivosti, povećanom iscrpljenošću i uzrokujući
uznemirenost i druge fizičke i psihičke probleme,¹⁰
- otpornost hemijskih agensa,
- domet radara, uređaja za noćno i termalno osmatranje (jaka kiša smanjuje daljinu
otkrivanja radarom na 75%, a gusti sneg na 25%),
- efikasnost vazduhoplova.

Padavine (kiša, niski kišni oblaci, grad, sneg i slično) se na zaslonu katodne cevi ra-
dara manifestuju kao mnogobrojni tačkasti odrazi nepravilnog oblika. Pored uticaja na
rad navigacijskog radara, padavine utiču i na bezbedno plovljenje promenom vodostaja.
Postoji i jedna pozitivna osobina padavina (za upotrebu hidroakustičkih sredstava) – jake
padavine smiruju uzburkanu površinu reke, nastalu zbog vetrova, pa se tako ublažava
negativnost uticaja vetrova na ponašanje zvuka u vodi. Navigacijskim radarima mogu da
se uoče izvesne meteorološke pojave, kao što su zone padavina, led i druge, što omogu-
ćava da se preduzimaju mere za njihovo izbegavanje.

⁸ Isto, str. 97.

⁹ Vojna meteorologija, DSNO, Beograd, 1968, str. 79.

¹⁰ Ljudstvu koje je neposredno izloženo padavinama smanjena je borbena aktivnost. Padavine nepovoljno uti-
ču na organizam, jer smanjuju njegovu otpornost. Pljuskovite ili dugotrajne padavine vrlo neprijatno deluju na
posadu i ometaju rad van zatvorenih prostorija.

Lokalna grmljavina, a pogotovo frontalna, kao i pljuskovi kiše ili krupnog grada, mogu sasvim ili delimično izbrisati radarsku sliku, zbog čega je teško uočavanje objekata važnih za navigaciju. Grmljavine praćene olujnim vetrom, niskom oblačnošću i pljuskovitim padavinama mogu vrlo često da onemoguće b/d i korišćenje elektronskih uređaja. Ovakve meteorološke pojave koje su vezane za atmosferske frontove mogu se koristiti za prikriveno kretanje, ali ne obezbeđuju potpuni uspeh. Braniocu je teško da uoči cilj, kao i napadaču da izvede sve taktičke radnje koje bi obezbedile uspeh.

Jake padavine sa vetrom i grmljavinom mogu otežati ili onemogućiti izvršenje prevoženja i desanta snaga KoV-a na unutrašnjim plovnim putevima. Za izvršenje iznenadnih dejstava veoma je povoljna kišna zavesa ispred toplog fronta, jer je osmatranje iz vazdušnog prostora otežano, a dejstvo avijacije ograničeno.

Padavine na rekama imaju i posredan uticaj na dejstva rečnih jedinica, jer uslovljavaju hidrološke prilike reke, a prvenstveno njen vodostaj. Ova činjenica je veoma značajna, jer od dubine i strujanja vode zavisi kretanje brodova i ograničenost manevarskog prostora. Osim toga, hidrografske prilike utiču i na pripremu i upotrebu minskog naoružanja, odnosno odabir vrste mina i taktičke postupke pri polaganju minske prepreke.

Snežne padavine sa niskim temperaturama uslovljavaju veće psihofizičko naprezanje posada i znatno utiču na upotrebu naoružanja, smanjujući njegovu efikasnu upotrebu.¹¹ Postojanje snežnog pokrivača na obalama reka u toku zime zahteva da se brodovi na sidrištu i na vezovima prilagode izgledu okoline, odnosno da se dobro maskiraju. U tu svrhu može da se koristi sneg ili beli pokrivači, prvenstveno za maskiranje manjih brodova.

Padavine, naročito dugotrajne ili pljuskovite, uslovljavaju pogoršavanje zemljišnih uslova u području unutrašnjih plovnih puteva. Raskvašeno zemljište i blato znatno otežavaju i usporavaju sve radnje u ovim područjima. Ovakvo stanje pojačano je dejstvom padavina na ljudstvo koje izvodi ove radnje. Sličan uticaj, ali u znatno većoj meri, ispoljavaju grmljavina, mećava i vejavica, koje navedene radnje mogu da učine krajnje otežanim.¹²

Prezasićenost vazduha vlagom negativno utiče na kvalitet izolacije žičnih linija, zbog čega slabi čujnost telefonskih, a naročito telegrafskih veza. Ove pojave su još više izražene pri padavinama, naročito ako su one dugotrajne i pljuskovite. Pojava poledice povećava težinu provodnika – kablova. Zbog toga može doći do njihovog kidanja, naročito usled dodatnog dejstva vetra. Vlažan sneg koji se hvata i mrzne na provodnicima – kablovima može da pričini znatne štete, jer se oni zbog hladnoće skupljaju (zatežu) i kidaju. Slično se dešava pri ledenoj kiši koja se pri sudaru sa čvrstim predmetima odmah pretvara u led. Ovakav uticaj padavina na telekomunikacije takođe je potrebno razmatrati prilikom donošenja odluke o uspostavljanju sistema telekomunikacija u zoni operacije u području unutrašnjih plovnih puteva.

Hidrološki elementi

Najvažniji hidrološki elementi na UPP jesu vodostaj i ledohod (ledostaj). Za ove elemente karakteristična je njihova promenljivost i zavisnost od meteoroloških elemenata, pre svega padavina i temperature vazduha. Očigledan je uticaj hidroloških elemenata na odvijanje rečnog saobraćaja, odnosno plovidbe, a time i na upotrebu rečnih jedinica u operacijama na unutrašnjim plovnim putevima.

¹¹ Vojna meteorologija, DSNO, Beograd, 1968, str. 167.

¹² Isto, str. 268.

Stanje vodotokova je veoma bitno i za izvršenje zadataka ostalih subjekata odbrane u zahvatu plovnih puteva, kao i za sadejstvo između rečnih i drugih jedinica u operaciji. Radi bezbednijeg odvijanja plovidbe i uspešnog izvođenja operacije treba prikupljati i pratiti podatke o stanju i tendenciji kretanja vodostaja, dubini i širini rečnog korita, brzini vode, karakteristikama dna i slično. Njihova obrada često će ukazivati na postojanje raznih prirodnih i veštačkih prepreka na plovnom putu, što može bitno uticati na način, vreme, brzinu i efikasnost, a u krajnjem i na mogućnost plovidbe i izvođenje operacije. Zato u planiranju i pripremi operacije posebnu pažnju treba pokloniti proceni lokacije, vremenu trajanja i mogućnosti za uklanjanje prepreka i smetnji za plovidbu.

Vodostaj

Vodostaj predstavlja jedan od osnovnih hidroloških parametara, neophodan u proučavanju vodnog režima prirodnih vodotokova. Podaci o vodostajima i protocima registruju se i prikupljaju na mreži stalnih vodomernih stanica lociranih u određenim tačkama hidrografske mreže u slivu.

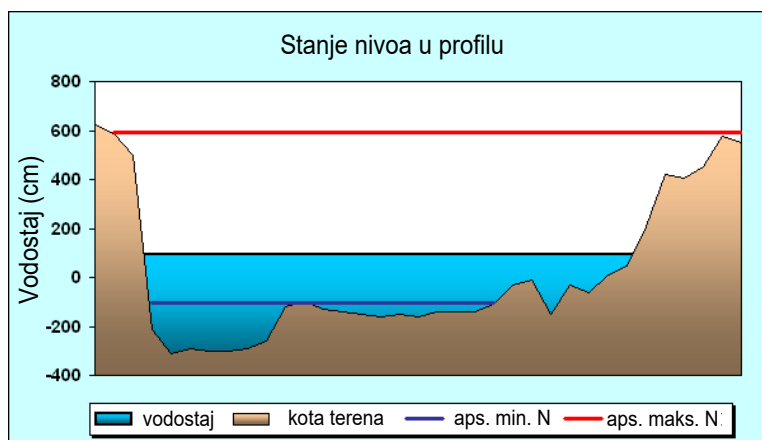
Podaci o vodostaju prikazuju se preko pojedinačnih (diskretnih vrednosti) karakterističnih vodostaja:

- vodostaj male vode (srednja vrednost minimalnih godišnjih vodostaja u višegodišnjem periodu),
- vodostaj srednje vode (srednja vrednost svih vodostaja u višegodišnjem periodu),
- vodostaj srednje velike vode (srednja vrednost maksimalnih godišnjih vodostaja u višegodišnjem vodostaju),
- vodostaj katastrofalno velike vode (najveći vodostaj registrovan u višegodišnjem periodu),
- vodostaj određene zastupljenosti i verovatnoće pojave.

Za efikasnu upotrebu brodova na rekama potrebno je odrediti visoke, niske i srednje vodostaje jedne reke. Linija vodostaja predstavlja promenu vodostaja za određeni period, a ujedno nam pokazuje maksimalne i minimalne vodostaje. Visoki vodostaj (velika voda) određuje se tako što se izračuna srednja vrednost svih maksimuma, na primer za 10 godina. Visoka voda je nepovoljna za plovidbu, jer se povećava brzina vode, matica reke menja pravac, poplavljuje niske obale i stvara limane.¹³ Pojedini mostovi tada čine smetnju pri plovidbi. Niski vodostaj (mala voda) izračunava se tako što se izračuna srednja vrednost svih godišnjih minimuma u određenom periodu. Pri maloj vodi pojavljuju se pojedini sprudovi i stene iz vode, a dubina se smanjuje, što utiče na upotrebu brodova sa većim deplasmanom. Srednji vodostaj (obična ili normalna voda) izračunava se na taj način što se prvo izračuna srednja vrednost godišnjih vodostaja za 10 godina. Uzima se isti broj maksimalnih i minimalnih vrednosti. Ovaj vodostaj je najpogodniji za plovidbu i najduže traje. Tok reke postaje blaži, ima dovoljno dubine, a može se ploviti i noću. Pored navedenih vodostaja postoji i apsolutno najviša visoka voda (ANVV) ili takozvana ka-

¹³ Reč liman dolazi iz ruskog jezika, ali je starogrčkog porekla. U prevodu znači zaliv ili luka (grč. λιμάνος). Predstavlja vrstu estuara, karakterističnog za Crno i Azovsko more. Nastaje na obalama kod kojih nije izraženo dejstvo plime i oseke, pa je tok reke blokiran sedimentima (preuzeto sa http://sr.wikipedia.org/sr/liman_geologija dana 03.10.2014). Označava mesta na reci sa mirnim tokom na kojima površina vode izgleda kao da stoji. Mogu da nastanu i tamo gde se vadi šljunak i na kojima matica prati dno korita.

tastrofalna voda koja predstavlja maksimum vodostaja u jednoj reci i velika je smetnja za saobraćaj na reci, jer brod lako može da izađe iz korita i nasuče se na obalu zbog loše orijentacije.¹⁴ Apsolutno najniži niski vodostaj (ANNV) pokazuje minimum vodostaja koji se pamti, a saobraćaj se retko održava (slika 2). Ovo stanje pokazuje sve prepreke koje ometaju saobraćaj i o kojima treba voditi računa pri normalnoj plovidbi.



Slika 1 – Apsolutni minimum i maksimum¹⁵

Kada je reč o vodostaju potrebno je naglasiti značaj definisanja najnižeg (NPN) i najvišeg plovidbenog nivoa (NVPN). Najniži plovidbeni nivo je značajan za određivanje trajanja navigacionog perioda, kao i za regulisanje reka za plovidbu. Određivanje NVPN važno je za bezbednost odvijanja plovidbe. On se definiše na osnovu krive verovatnoće pojave visokih vodostaja, navigacionih uslova, hidrauličkih uslova i mostova na vodotocima. Kada su mostovi dovoljno visoki da ne predstavljaju prepreku plovidbi, NVPN se određuje tako da se od donje ivice konstrukcije mosta do površine vode izračunava visina, koja se definiše prema merodavnom plovilu za konkretni plovni put. Tako, na primer, ova visina za Dunav, na delu toka kroz našu zemlju, iznosi 7,50 do 10,0 m, dok stvarna visina varira od 6,07 u Novom Sadu (najniži most) do 24,93 m u Beškoj (najviši most).

Uticaj visokog i niskog vodostaja na angažovanje rečnih jedinica u operacijama na UPP je višestruk, jer od toga zavise vrednosti osnovnih elemenata plovnog puta (širina, dubina, radius krivine i brzina vode), što znači da su one promenljive, a ne konstantne veličine. Porastom vodostaja povećavaju se, a padom smanjuju njihove vrednosti. Tako, na primer, sa porastom vodostaja povećava se širina rejonu u kojem se izvodi minsko ili protivminsko dejstvo. Dubine na našim rekama su relativno male, a negde toliko male da je plovidba na pojedinim sektorima potpuno onemogućena brodovima sa malim gazom. Pored toga, plov-

¹⁴ Najviši vodostaj na reci Dunav kod novog Sada izmeren je u junu 1965. godine i iznosio je +778 (preuzeto 02.10.2014. u 20.00 h sa internet stranice <http://www.021.rs/Novi-Sad/Vesti/Pripravnost-na-poplave-u-Novom-Sadu-na-najvisem-nivou.html>).

¹⁵ Preuzeto 02.10.2014. u 19.00 h sa internet stranice <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1394508&page=6>

ni put na reci je ograničen malim i promenljivim dubinama, raznim plićacima i sprudovima, što još više ograničava manevarski prostor. Stalno variranje vodostaja utiče na efikasnu upotrebu rečnih sidrenih mina, za koje još uvek nije nađeno rešenje automatskog zauzimanja položajne dubine. Male dubine i širina reke utiču na minski interval indukcionih mina koje leže na dnu, jer će se s tim u vezi povećati i njen rejon dejstva. Usled specifičnih hidrografskih prilika na rekama dejstvo eksplozivnih naprava protiv brodova na vodi, pa i bez direktnog kontakta, biće pojačano. Usled malih dubina i širine reke, kao i slabije zaštićenosti dna rečnih brodova, bomba koja padne i na 100 metara od broda može, pritiskom na dno broda, jako da deluje, zbog čega može da dođe do oštećenja i propuštanja vode.¹⁶

Ledohod (ledostaj)

Pojava leda – ledohod i ledostaj može se smatrati i meteorološkom i hidrološkom karakteristikom značajnom za plovne puteve. Pojava leda povezana je sa niskim temperaturama, ukoliko nije reč o ledu koji uzvodno pristiže u vidu ledenih santi. Pod pojmom „ledohod“ označava se kretanje santi, različite veličine i debljine, kroz rečni profil, različite gustine i oblika kretanja (mirno ili silovito). Pod terminom „ledostaj“ podrazumeva se svaki led koji stoji na nekom mestu u reci, bez obzira na to da li se radi o kompaktnom ledu ujednačene debljine na relativno mirnim deonicama ili o zaustavljenom ledohodu.

Period u kojem se led kreće naziva se period ledohoda, za razliku od perioda ledostaja u toku kojeg je površina vodenog ogledala reke u potpunosti pokrivena statičnim ledenim pokrivačem.

Pojava ledohoda je vrlo opasna za brodove. Sante (ledene gromade) na svom putu nailaze na razne prepreke (plićake, nosače mostova) na kojima se zaustavljaju. Nadolaženjem sledećih santi dolazi do gomilanja, a zbog pritiska koji stvara voda svojim kretanjem podvlače se jedne ispod drugih, stvarajući fizičke prepreke visoke po više metara (zagor, zažor, ledena brana) (slika 2b). Ovakvo nagomilavanje leda (torlašenje) redovno izaziva uzvodne poplave, a nizvodno dolazi do pada vodostaja. Zato se pristupa razbijanju leda ledolomcima i miniranjem (slika 2a).



Slika 2 – a) Razbijanje leda ledolomcima¹⁷, b) Ledena brana na Dunavu¹⁸

¹⁶ Vojna meteorologija, DSNO, Beograd, 1968, str. 166.

¹⁷ Preuzeto 03.10.2014. u 23.45 sa internet stranice <http://balkans.aljazeera.net/vijesti/dacic-hitno-angazirati-ledolomce-u-srbiji>

Pri pojavi leda na svim našim vodotocima se prekida plovidba, a plovila se sklanjaju i obezbeđuju u zimovnicima i zimskim skloništim. Prekid plovidbe načelno traje od 15. decembra tekuće do 1. marta naredne godine. Stvarni prekid plovidbe zbog leda najduži je na Dunavu – 38 dana, najkraći na Savi – 26 dana, na Begeju traje 32 i Tisi 30 dana.

Pripreme brodova i posada za plovidbu u uslovima leda na plovnom putu treba da budu sveobuhvatne i detaljne. Pored ažurnih plovidbenih karata potrebno je raspolagati preciznim podacima o stanju leda (tabela 2), vodostaju i vremenskoj prognozi za područje plovidbe. Naročito je važno poznavanje opštih i specifičnih hidroloških, meteoroloških i drugih karakteristika plovnog puta. Jedan od osnovnih preduslova za uspešno izvršenje plovidbe je obezbeđenje sigurnog i neprekidnog rada pogonskih motora, što u uslovima zaleđivanja vode, pre svega, podrazumeva kontinuitet hlađenja motora. Pre isplovljenja brodova potrebno je da budu razrađeni i uvežbani postupci za pregled podvodnog dela trupa u slučaju eventualnog udara u santu ili nasedanja na pličak.

Tabela 2 – Klasifikacija i stanje leda na plovnom putu

Klasifikacija i stanje leda na plovnom putu		
Stepen zaleđenosti	Izgled površine	Zaleđenost površine (%)
0	bez leda	0
1	pojedinačni led	10
2	sasvim redak led	20
3	redak led	30
4	proređen led	40
5	led srednje povezan	50
6	led čvršće povezan	60
7	povezan led	70
8	sasvim povezan led	80
9	gotovo potpuni led	90
10	potpuni led	100

Zavisno od vrste broda i zadatka koji će se izvršavati kad god je to moguće treba obezbediti zategu broda, kako bi propeleri i kormila radili u dubljoj vodi i time bili zaštićeni od oštećenja ledom, a led se lakše savladavao. Kada se plovi u lošim uslovima (jak vetar, ledena kiša...) preporučljivo je da se paluba pospe abrazivnim materijalom, npr. peskom, radi bezbednijeg kretanja posade, a oružja i mehanizmi pokriju, kako bi se sprečilo zaleđivanje.

U toku pripreme plovne jedinice za plovidbu potrebno je obezbediti sigurne i stalne veze broda sa komandom plovne jedinice, ledolomcima i lučkim kapetanijama.

Samostalna plovidba moguća je jedino ako je led razbijen i izdrobljen, ako je povoljno stanje ledenog polja i ako je trup broda ojačan za plovidbu u ledu. Načelno, kad god je to moguće, pri pojavi leda plovidbu treba izbegavati, a naročito noću, po magli, u lošim vremenskim prilikama i slično. Ako se predviđa pokretanje leda plovidbu treba odložiti.

¹⁸ Preuzeto 03.10.2014. u 23.50 sa internet stranice <http://www.novosti.rs/vesti/srbija.73.html:367830-Greben-pocepao-santu-leđa>

Pri plovidbi u ledenom polju može doći i do lomljenja krakova propelera, pa treba voditi računa da se ne uplovljava sa zaustavljenim pogonom, a ako je sudar sa santom leda neizbežan potrebno je pokušati da se udari pramcem, a nikako bokom broda, jer može doći do oštećenja ili probijanja oplata, pa i potapanja broda.

Za razliku od plovidbe u razbijenom ledenom polju, plovidba u uslovima potpune začeđenosti plovnog puta izvodi se svom snagom pogonskih motora. Ako se plavi po kanalu u ledenom polju brod treba voditi sredinom kanala, kako bi se izbegli udarci bokom o ivice ledenog polja. Pri plovidbi kanalom u ledenom polju naročitu pažnju treba obratiti na eventualno sužavanje kanala, kada se odmah mora prekinuti plovidba i vožnjom krmom izbeći zarobljavanje broda. U takvim situacijama treba odmah zatražiti pomoć ledolomca.

Plovidbu za vreme ledohoda treba izbeći po svaku cenu, jer je kretanje leda vrlo opasno za brodove. Brod nošen ledom obavezno biva gurnut na pličak gde dolazi do lomljenja propelera, kormila, pa i trupa.

Sprovođenje brodova iza ledolomaca ostvaruje se kao jedinstvena operacija pod rukovodstvom zapovednika ledolomca ili ledolomnog sastava. Ako u sprovođenju učestvuje više ledolomaca onda je to zapovednik glavnog ledolomca. Njegove naredbe dužni su da izvršavaju svi zapovednici brodova koji se sprovode. Rukovodilac sprovođenja brodova određuje broj i raspored brodova u koloni, brzinu plovidbe i rastojanje između brodova na osnovu stanja leda na plovnom putu i tehničkim karakteristikama brodova. Sprovođenje se realizuje plovidbom u brazdi glavnog ledolomca.

Načelno, plovidba u uslovima pojave leda, posebno u lošim vremenskim uslovima, ne planira se i izbegava, a kada je led u pokretu izbegava se po svaku cenu. Međutim, ako se vožnja ipak mora realizovati treba nastojati da se ne obavlja noću i u lošim vremenskim uslovima.

Zbog svih navedenih i drugih specifičnosti plovidbe i dejstava tokom ledohoda ili ledostaja na rekama, potrebna je kompleksna i sveobuhvatna priprema ljudstva i tehnike u plovnim jedinicama, a podatke o navedenoj hidrološkoj pojavi obavezno treba uzeti u razmatranje prilikom donošenja odluke o upotrebi rečnih jedinica.

Praćenje i procenjivanje razvoja situacije i postupanje u skladu sa njom mora biti permanentno i pažljivo. Poznavanje sektora plovidbe, precizna orijentacija i navigacija pomažu da se izbegne zarobljavanje broda u ledu i time obezbedi sigurnost broda i posade.

Analiza uticaja meteoroloških i hidroloških elemenata na realizaciju zadataka rečnih jedinica primenom metoda višekriterijumske analize – ahp metod (analytical hierarchy process)

Donošenje odluka je proces vrednovanja alternativa koje zadovoljavaju određeni skup postavljenih kriterijuma. Problem nastaje kada između tih alternativa treba odabrati onu koja najviše zadovoljava zadati skup kriterijuma. Analitički hijerarhijski proces (AHP metoda) jeste metoda koju je razvio doktor Tomas Sati (Thomas Saaty), sedamdesetih godina prošlog veka, i zasnovana je na poređenju parova alternativa, svaka sa svakom, gde donosilac odluke izražava intenzitet, težinu preferencije jedne alternative u odnosu na drugu unu-

tar bitnih, zadatih kriterijuma. Na isti način donosilac odluke upoređuje i kriterijume prema vlastitim preferencijama i njihovom intenzitetu. Analitički hijerarhijski proces je postupak za donošenje odluke koji pomaže u određivanju prioriteta i dovodi do optimalnih i racionalnih odluka u slučajevima kada su uzeti u obzir i kvalitativni i kvantitativni aspekti.

Za potrebe ovog rada, a radi analize uticaja meteoroloških i hidroloških elemenata na realizaciju posebnih zadataka rečnih jedinica, koristiće se *AHP* metoda zasnovana na matematičkom modelu višekriterijumske analize.

Model višekriterijumske analize odgovara loše strukturiranim problemima i ima sledeću opštu matematičku formulaciju:

$$\text{Max}\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x), n \geq 2\} \quad (1)$$

pri ograničenjima

$$x \in A = [a_1, a_2, \dots, a_m] \quad (2)$$

gde su:

n – broj kriterijuma (atributa), $j = 1, 2, \dots, n$,

m – broj alternativa (akcija), $i = 1, 2, \dots, m$,

f_j – kriterijumi (atributi), $j = 1, 2, \dots, n$,

a_i – alternative (akcije) za razmatranje, $i = 1, 2, \dots, m$,

A – skup svih alternativa (akcija).

Pri tome su poznate vrednosti f_{ij} svakog razmatranog kriterijuma f_j dobijenog sa svakom od mogućih alternativa a_i :

$$f_{ij} = f_j(a_i) \quad \forall (i,j); i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n. \quad (3)$$

Saki atribut treba da obezbedi sredstvo ocene (evaluacije) nivoa jednog kriterijuma (cilja). Veći broj atributa treba da karakteriše svaku akciju (alternativu) i bira se na osnovu izabranih kriterijuma donosioca odluke.

Tipičan način prikazivanja problema višeatributivnog odlučivanja je matricna forma. U matrici se prikazuju vrednosti kriterijuma za pojedine alternative.

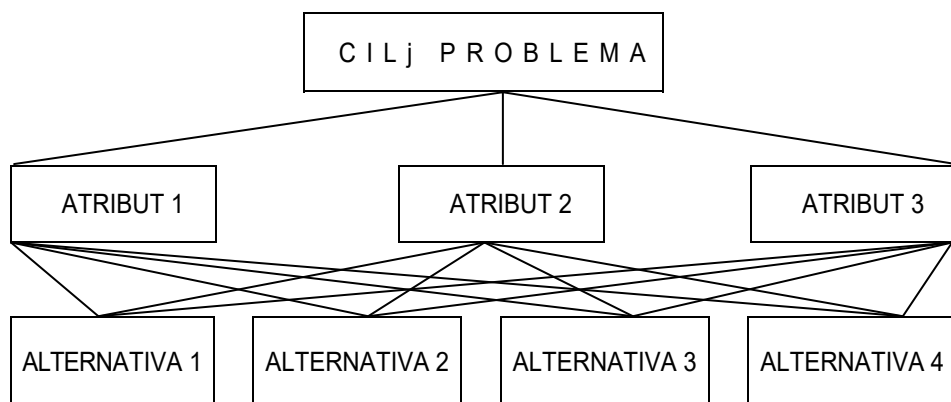
$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cccc}
 & f_1 & f_2 & \dots & f_n \\
 a_1 & \left[\begin{array}{cccc}
 f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1n} \\
 f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2n} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 a_m & f_{m1} & f_{m2} & \dots & f_{mn}
 \end{array} \right. \\
 a_2 \\
 \dots \\
 \dots \\
 a_m
 \end{array}
 \end{array} \quad (4)$$

Uticaj meteoroloških i hidroloških elemenata na skup alternativa predstavljenih u vidu posebnih zadataka rečnih jedinica¹⁹ biće utvrđen primenom metodologije analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP).

Analitički hijerarhijski proces predstavlja jedan od najčešće korišćenih metoda višekriterijumske analize. Ovaj postupak predstavlja metodu višekriterijumskog odlučivanja, kreiranu radi pružanja pomoći donosiocima odluka u rešavanju kompleksnih problema odlučivanja u kojima učestvuje veći broj donosilaca odluka, veći broj kriterijuma i u višestrukim periodima. Metodološki posmatrano, AHP je višekriterijumska tehnika koja se zasniva na razlaganju složenog problema u hijerarhiju. Cilj se nalazi na vrhu hijerarhije, dok su kriterijumi, potkriterijumi i alternative na nižim nivoima.²⁰ Ova metoda drži sve delove hijerarhije u vezi, tako da je jednostavno videti kako promena jednog kriterijuma utiče na ostale kriterijume. Proces rešavanja problema odlučivanja često je veoma kompleksan zbog prisustva konfliktnih ciljeva među raspoloživim kriterijumima ili alternativama. Problem je da se izabere alternativa koja će na najbolji način zadovoljiti postavljene ciljeve. Oblast primene ove metode je višekriterijumsko odlučivanje, gde se na osnovu definisanog skupa kriterijuma i vrednosti atributa za svaku alternativu vrši izbor najprihvatljivije. Radi lakše primene ove metode razvijen je softverski alat iz sistema za podršku odlučivanju *Expert Choice*.

Proces realizacije AHP metode obuhvata četiri osnovne faze:

- strukturiranje problema,
- prikupljanje podataka,
- ocenjivanje relativnih težina i
- određivanje rešenja problema.²¹



Slika 3 – Strukturiranje problema

¹⁹ Posebni zadaci rečnih jedinica preuzeti su iz usvojenog *Pregleda zadataka obuke komandi i jedinica Vojске Srbije*, akt Uprave za obuku i doktrine J-7 GŠ VS, Beograd, 2013.

²⁰ Bajrami, Š., *ELECTRE i AHP – sistemi za podršku višekriterijumskom odlučivanju*, XIII Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH, Jahorina, 2014.

²¹ Čupić, M., Suknović, M., *Odlučivanje*, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2010, str. 334.

Strukturiranje problema sastoji se od dekomponovanja bilo kog kompleksnog problema odlučivanja u seriju hijerarhija, gde svaki nivo predstavlja manji broj upravljivih atributa. Oni se zatim dekomponuju u drugi skup elemenata koji odgovara sledećem nivou. Ovakvo hijerarhijsko strukturiranje bilo kog problema odlučivanja na ovaj način je efikasan put suočavanja sa kompleksnošću realnih problema i identifikovanja značajnih atributa radi dostizanja sveukupnog cilja problema.

Prikupljanje podataka je početak druge faze AHP metode. Donosilac odluke dodeljuje relativne ocene u parovima atributa jednog hijerarhijskog nivoa i to za sve nivoe celokupne hijerarhije. Najpoznatija skala koja se koristi za dodeljivanje težina je Saaty-jeva „skala devet tačaka”.

Tabela 3 – Skala devet tačaka

Skala	Objašnjenje/rangiranje
9	Apsolutno najznačajnije/najpoželjnije
8	Veoma snažno ka apsolutno najznačajnijem/najpoželjnijem
7	Veoma snažno ka veoma značajnom/poželjnom
6	Snažno ka veoma snažnom
5	Snažnije više značajno/poželjno
4	Slabije ka više snažnijem
3	Slabije više značajno/poželjnije
2	Podjednako ka slabijem više
1	Podjednako značajno/poželjno
0,50	Podjednako ka slabijem manjem
0,33	Slabije manje značajno/poželjno
0,25	Slabije ka snažno manjem
0,20	Snažno manje značajno/poželjno
0,17	Snažno ka veoma snažnom/manjem
0,14	Izuzetno snažno manje značajno/poželjno
0,13	Veoma snažno ka apsolutno manjem
0,11	Apsolutno najmanje značajno/poželjno

Ocenjivanje relativnih težina podrazumeva da se matrica poređenja, po parovima, prevodi u probleme određivanja sopstvenih vrednosti, radi dobijanja normalizovanih i jedinstvenih sopstvenih vektora, sa težinama za sve attribute na svakom nivou hijerarhije.

Određivanje rešenja problema je poslednja faza koja podrazumeva nalaženje takozvanog kompozitnog normalizovanog vektora. Nakon što se odredi vektor redosleda vrednosti kriterijuma u modelu, u narednom krugu potrebno je da se odredi, u okviru svakog posmatranog kriterijuma, redosled važnosti alternativa u modelu s obzirom na istu proceduru.

Danas se problem višekriterijumskog odlučivanja uspešno rešava primenom različitih softverskih alata. Postoji više softvera koji se mogu koristiti za ovu svrhu, a neki od njih su: *Criterion Decision Plus*²² i *Expert Choice*.²³

²² <http://www.infoharvest.com>, februar 2014.

²³ <http://www.expertchoice.com>, februar 2014.

Za rešavanje našeg praktičnog problema – određivanje uticaja meteoroloških i hidroloških elemenata na realizaciju posebnih zadataka rečnih jedinica – biće korišćen softver *Expert Choice*.

Expert Choice predstavlja jedan od najefikasnijih alata za rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja. To je alat sa jakim performansama za analizu odluka na nivou organizacije. *Expert Choice* je robustna aplikacija namenjena za personalne računare koja omogućava korisnicima prioritarno sortiranje alternative i pouzdano donošenje odluka o alternativama za postizanje željenih ciljeva. Program može integrisati različite podatke iz različitih programa, kao što su *Microsoft Excel*, *Microsoft Project* i *Oracle* baze podataka. Omogućuje „what-if“ analizu pri strateškom planiranju proračuna i projekta. Program je u potpunosti prilagođen primeni AHP metode i podržava sve neophodne korake. Dozvoljava strukturiranje problema i upoređivanje alternative i kriterijuma u parovima na više načina. Takođe, poseduje mogućnost sprovođenja i vizualizuje analize osetljivosti pomoću jednostavne interaktivne izmene težina kriterijuma i alternative.²⁴

Uticaj meteoroloških i hidroloških elemenata definisan je kroz pet osnovnih kriterijuma u odnosu na koje ćemo posmatrati raspoloživi skup alternativa, odnosno devet posebnih zadataka koje rečne jedinice realizuju u okviru dodeljenih misija.

Ulazni podaci na osnovu kojih se vrši analiza prikazani su u tabeli 4 i nisu određeni nasumično već predstavljaju rezultat naučnog istraživanja meteorološkog obezbeđenja rečnih jedinica i stečenog iskustva u fazi pripreme rečnih jedinica za operacije Kopnene vojske.²⁵

Vrednovanje izabranih devet alternativa vršice se preko kriterijuma koji su prethodno, u radu, definisani i opisani.

Kriterijumi za rangiranje alternativa su:

- K1 – ledohod,
- K2 – temperatura vazduha,
- K3 – vodostaj,
- K4 – padavine i
- K5 – jačina vetra.

Tabela 4 – Ulazni podaci

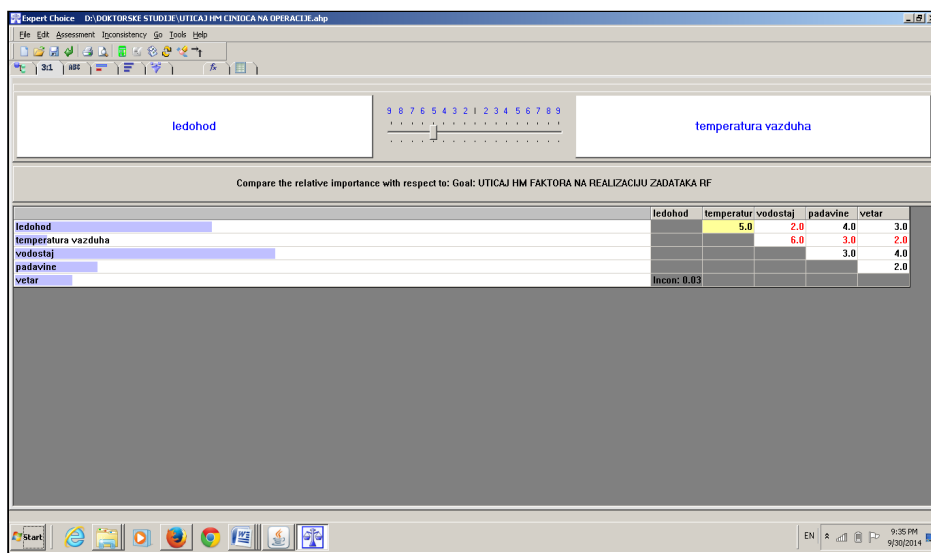
	Ledohod	Temperatura	Vodostaj	Padavine	Vetar
Posesti rejon razmeštaja	mali uticaj	mali uticaj	mali uticaj	mali uticaj	mali uticaj
Izvršiti vatrenu podršku snagama KoV na UPP	jak uticaj	veoma jak uticaj	jak uticaj	veoma jak uticaj	veoma jak uticaj
Izvršiti protivminka dejstva	veoma jak uticaj	veoma jak uticaj	jak uticaj	jak uticaj	veoma jak uticaj
Izvršiti minska dejstva	srednji uticaj	jak uticaj	veoma jak uticaj	srednji uticaj	jak uticaj
Izvršiti prevoženje	jak uticaj	srednji uticaj	veoma jak uticaj	srednji uticaj	srednji uticaj

²⁴ Damjanović D., *Primena AHP metode na selekciju i evaluaciju dobavljača*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2013.

²⁵ Komljenović, S.: „Meteorološko obezbeđenje pripreme odbrambene operacije rečnih jedinica“, magistarski rad, Vojna akademija Vojske Srbije, Beograd, 2015.

	Ledohod	Temperatura	Vodostaj	Padavine	Vetar
Izvršiti izviđanje i kontrolu UPP	mali uticaj	srednji uticaj	mali uticaj	jak uticaj	srednji uticaj
Izvršiti traganje i spasavanje	srednji uticaj	jak uticaj	srednji uticaj	veoma jak uticaj	jak uticaj
Izvršiti protivdiverzantska dejstva	veoma jak uticaj	mali uticaj	srednji uticaj	mali uticaj	mali uticaj
Održavanje podvodnog dela trupa	vrlo mali uticaj	vrlo mali uticaj	vrlo mali uticaj	vrlo mali uticaj	vrlo mali uticaj

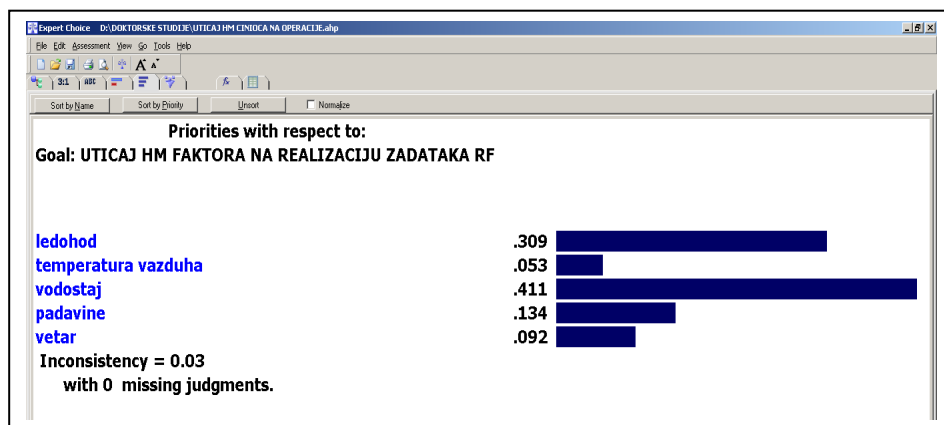
Pre svega, potrebno je definisati težinski koeficijent kriterijuma u međusobno konzistentnim odnosima. Softver koristi Saaty-evu skalu za upoređivanje važnosti definisanih kriterijuma. Tako, na primer, u poređenju kriterijuma „Ledohod” i „Temperatura vazduha”, prvi u odnosu na drugi na Saaty-voj skali ima vrednost 5,0, itd. (slika 4).



Slika 4 – Određivanje relativnih važnosti kriterijuma primenom Saaty-eve skale u programu Expert Choice

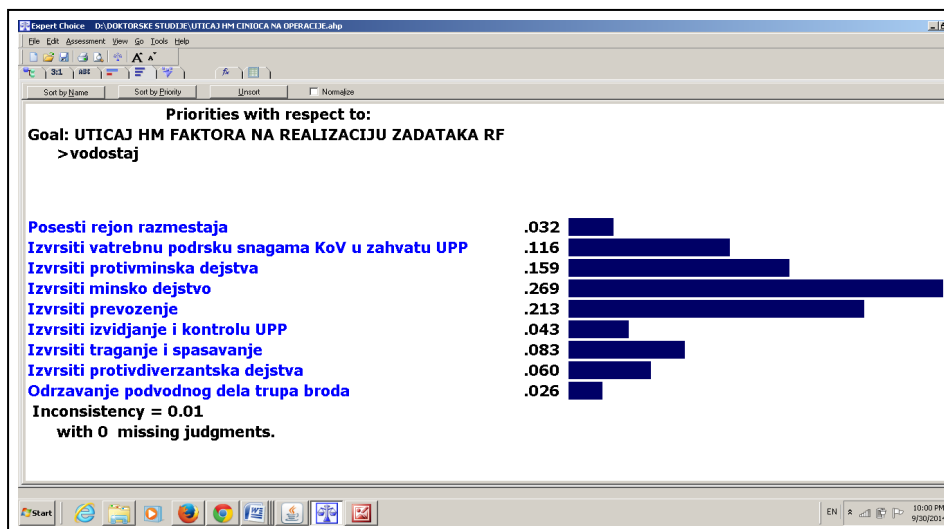
Inverzne vrednosti težinskih koeficijenata i prioriteta alternativa označavaju se crvenom bojom (ovi brojevi predstavljaju razlomke: 1/5, 1/4, itd.)

Softver u pozadini vrši normalizaciju i računa srednje vrednosti za svaki kriterijum. Tako su dobijene sledeće vrednosti težina kriterijuma cilja „Uticaj meteoroloških i hidroloških elemenata na realizaciju zadataka rečnih jedinica” (slika 5). U poređenju sa ostalim kriterijumima, dominantan je kriterijum „Vodostaj” (težine 0,411), a najmanje značajan je kriterijum „Temperatura vazduha“ (0,053).



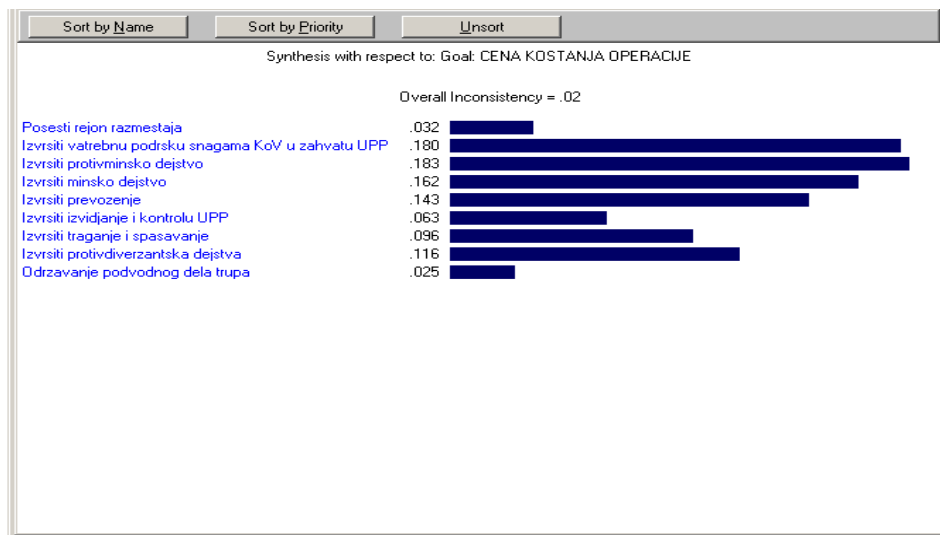
Slika 5 – Vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma po prioritetu

Sledeći korak je određivanje relativnih preferencija alternativa u odnosu na zadati kriterijum. Na osnovu informacija o alternativama formira se tablica preferencija (slika 6). U poređenju alternativa, na primer, prema kriterijumu „Vodostaj”, „Održavanje podvodnog dela trupa” je manje preferentno u odnosu na ostale alternative, dok je „Izvršenje minskih dejstava” najpreferentniji borbeni zadatak u odnosu na posmatrani kriterijum. Drugim rečima, vodostaj na unutrašnjim plovnim putevima ima najveći uticaj na realizaciju zadataka i aktivnosti u okviru izvršenja protivminskih dejstava.



Slika 6 – Preferentnost alternativa prema kriterijumu „Vodostaj”

Konačne vrednosti prioriteta alternativa, sa ukupnom greškom nekonzistentnosti od 2% prikazane su na slici 7, prema kojoj meteorološki i hidrološki elementi u realizaciji zadataka rečnih jedinica imaju najveći uticaj na izvršenje protivminskih dejstava, a najmanji na održavanje podvodnog dela trupa broda. Slika ujedno predstavlja konačan redosled uticaja meteoroloških i hidroloških elemenata na realizaciju posebnih zadataka rečnih jedinica.



Slika 7 – Uticaj meteoroloških i hidroloških elemenata na realizaciju posebnih zadataka rečnih jedinica

Zaključak

Vremenski uslovi utiču na pripremu i izvođenje vojnih operacija. Često predstavljaju i odlučujući faktor između uspeha i neuspeha, jer je operativno planiranje dobro onoliko koliko se računalo na faktor vremena. Svi komandanti intuitivno znaju da je vreme važno za njihove snage u operacijama, a da li će upotreba plovne jedinice u operaciji biti uspešna može zavisiti od toga koliko su meteorološki i hidrološki elementi uključeni u operativno planiranje. Određivanje odlučujućih atmosferskih i hidroloških elemenata je teško, ali neophodno za uspeh operacije. Poznavanje ovih činilaca može pojačati komandantovu odlučnost koja često trijumfuje, ali treba da bude podržana činjenicama, tako da uloženi napor i vreme neće biti nesvršishodno utrošeni.

Komandanti plovnih jedinica treba da uvažavaju ove činioce prilikom donošenja odluke i da ih koriste kao prednost. Prepoznavanjem ovih prednosti komandanti plovnih jedinica mogu upotrebiti jedinicu u operaciji prema svojim potrebama, maksimizirati svoje prednosti, minimizirati uticaj vremenskih uslova i iskoristiti neprijateljeva ograničenja radi dolaska u dominantan položaj. Jedino pristup koji uzima u obzir uticaj vremenskih uslova na svaki aspekt operativnog planiranja i upotrebe snaga može biti značajan za operaciju.

Planiranje operacija koje se temelje na poznavanju vremenskih uslova pomaže komandantima da pripreme svoje snage za razne zadatke u operacijama.

Pošto meteorološki i hidrološki uslovi ne mogu da se promene, poznavanje uslova koji se očekuju i njihovih efekata dozvolice komandantu da predupredi probleme i pružiti mu priliku da bude spreman za akciju umesto reakciju.

Uzajamnim dejstvom meteoroloških i hidroloških elemenata oblikuje se buduća zona operacije i evidentan je njihov uticaj na svaki segment izvršenja zadataka u operacijama na unutrašnjim plovnim putevima. Koji elementi najviše utiču na pojedine segmente i kojim intenzitetom se ispoljava taj uticaj pitanje je koje otežava donošenje odluke u upotrebi rečnih jedinica u operacijama u području unutrašnjih plovnih puteva.

Međutim, analitički hijerarhijski proces pokazao se kao veoma uspešan alat prilikom rešavanja ovakvih ili sličnih problema. Njegovom primenom analiza uticaja meteoroloških i hidroloških elemenata na realizaciju posebnih zadataka rečnih jedinica postaje jednostavnija i objektivnija, vreme za donošenje odluke se smanjuje, a naprezanje komandanta tokom celog procesa se minimizira. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se najveći uticaj ispoljava na izvođenje protivminskih dejstava, a najmanji na održavanje podvodnog dela trupa broda. Analiza je pokazala da meteorološki i hidrološki elementi, a pre svega vodostaj i vetar, imaju najveći uticaj na realizaciju podvodnog razminiranja. Dobijeni rezultati su objektivni i očekivani, jer se radi o vrlo složenoj, rizičnoj i zahtevnoj aktivnosti koju, pored predvidljivih i merljivih činilaca, karakterišu i činioci koji su nepredvidivi i neizvesni, poput uticaja vetra, padavina, temperature, vodostaja i ledohoda, čiji intenzitet i kompleksnost delovanja može da se predvidi i ublaži primenom adekvatnih i efikasnih modela višekriterijumskog odlučivanja.

Literatura

[1] Bajrami, Š.: *ELECTRE i AHP – sistemi za podršku višekriterijumskom odlučivanju*, XIII Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH, Jahorina, 2014.

[2] *Borbeno uputstvo Vojske SAD, FM 34-81* (internet stranica <http://www.foia.af.mil/shared/media/document/afd-080708-021.pdf>)

[3] *Vojna meteorologija*, DSNO, Beograd, 1968.

[4] Damjanović, D.: *Primena AHP metode na selekciju i evaluaciju dobavljača*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2013.

[5] Komljenović, S.: „*Meteorološko obezbeđenje pripreme odbrambene operacije rečnih jedinica*“, magistarski rad, Vojna akademija Vojske Srbije, Beograd, 2015.

[6] *Pregled zadataka obuke komandi i jedinica Vojske Srbije*, Uprava za obuku i doktrinu J-7 GŠ VS, Beograd, 2013.

[7] Čupić, M., Suknović, M.: *Odlučivanje*, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2010.

[8] <http://www.infoharvest.com>, februar 2014.

[9] <http://www.expertchoice.com>, februar 2014.

[10] <http://www.021.rs/Novi-Sad/Vesti/Pripravnost-na-poplave-u-Novom-Sadu-na-najvisem-nivou.html>

[11] <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1394508&page=6>

[12] <http://balkans.aljazeera.net/vijesti/dacic-hitno-angazirati-ledolomce-u-srbiji>

[13] <http://www.novosti.rs/vesti/srbija.73.html:367830-Greben-pocepao-santu-leda>