IZDAVAČKI SAVET:

General-major
ĐORĐE ĐUKIĆ, dipl. inž.
(predsednik Saveta)

General-potpukovnik
dr MILORAD DRAGOJEVIĆ, dipl. inž.

General-major
mr MILAN ZAKLAN, dipl. inž.

Pukovnik
RATOMIR MILOVANOVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika)

Pukovnik
LJUBODRAG PAVLOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr ZORAN STOILJKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr JUGOSLAV KODŽOPELJIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILOŠ ĆOLAKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr ZAHARIJE VLAŠKALIN, dipl. inž.

Pukovnik
mr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr VIDOJE PANTELIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr ŽIVOJIN GRUJIĆ, dipl. inž.
(sekretar Saveta)

Pukovnik
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
ASIM HADŽIEFENDIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik
mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.

Major
RADOLJUB DOSIĆ, dipl. inž.

●

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Pukovnik
mr ŽIVOJIN GRUJIĆ, dipl. inž.

TEHNIČKI UREDNIK

DRAGANA LACMANOVIĆ, dipl. slikar graf.

LEKTOR

DOBRILA MILETIĆ, prof.

KOREKTOR

JOVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.

●

SEKRETAR REDAKCIJE

BRANKA STOJKOV

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5, VE-1. Telefoni: centrala 656-122, lokali: odgovorni urednik 22-976, sekretar 23-156, pretplata 32-937, žiro-račun: Vojnoizdavački i novinski) centar (za Vojnotehnički glasnik) 60823-849-2393 Beograd. Godišnja pretplata: za pojedince — 600 dinara, a za ustanove, preduzeća i druge organizacije — 1800 dinara. Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna štamparija — Beograd, Generala Ždanova 40 b.

YU ISSN 0042-8469

IZDAJE
GENERALŠTAB VOJSKE JUGOSLAVIJE

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJE

VOJNOTEHNIČKI *glasnik*



4

GODINA XL ● JUL—AVGUST 1922.

SADRŽAJ

Dr Vidosav Majstorović, dipl. inž., **Dr Gradimir Ivanović**, dipl. inž., **Dr Dragutin Stanivuković**, dipl. inž. — 341 Ekspertni sistemi za održavanje

Dr Dragoljub Ridošić, kapetan I klase, drpl. inž., **Mr Darko Vasiljević**, dipl. inž., **Rade Krnjaja**, dipl. inž. — 347 Neke metode za ocenu kvaliteta optičkih sistema

Mr Milovan R. Unković, dipl. inž. — 361 Testiranje VLSI/ULSI prekidačkih kola

Nikola Nikolić, dipl. inž. — 373 Algoritam rada višekanalnog punjača sa mikroprocesorskom kontrolom

Mr Dragoljub Đokić, dipl. inž. — 378 Osnovne aktivnosti za proveru pouzdanosti softverskog koda

Rajko Terzić, kapetan I klase, dipl. inž. — 386 Prepoznavanje oblika i prikaz procesa prepoznavanja oblika na SCANNER-u MICROTEK »MSF-300A«

Milan Krajniker, kapetan, dipl. inž. — 403 Tvrdi diskovi

Dr Predrag Pejčić, pukovnik, — 412 Borbena dejstva helikoptera u ratu u Persijskom zalivu

NOVE KNJIGE

425 Međuzavisnost teorije i prakse ratovanja i ratne tehnike — A. S.

429 Teorija letenja — II deo — Mehanika leta — B. P.

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

433 Samohodni višecevni raketni sistemi zapadnih zemalja — M. Ž.

441 Višenamenska vozila na gusenicama u zapadnim zemljama — P. M.

444 Sistemi za noćno osmatranje — M. Ž.

451 Tečne pogonske materije za artiljerijska oruđa — stanje, problemi, perspektive — L. B.

455 Novo oružje — P. M.

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

461 Obalska baterija MM 40 BLOCK 2 francuskih protivbrodskih raketa EXOCET

462 Mobilni PVO raketni sistem ASPIC francuske firme THOMSON — CSF

462 Ručni raketni bacač F1 francuske firme LUCHAIRE

463 Topovi budućih tenkova

463 Dnevno-noćni nišan CAPITOLE francuske firme SOPELEM

464 Dnevno-noćni stabilizovani panoramski nišan VIGY 40 francuske firme SAGEM

465 Kosmički univerzalni nišan za komandira tenka, francuske firme SFIM

465 Lansiranje američkog vođenog projektila HELLFIRE iz oklopnog transportera M113

466 Odabrani učesnici u konkursu američkog KoV-a za poboljšanje tromblonske mine

466 Dalji razvoj aktivnog oklopa za borbena vozila u SAD

467 Aparat MEDICLEAN nemačke firme KÄRCHER za prvu pomoć ozleđenima od NHB dejstva

467 Američko-nemačko vozilo za izviđanje FOX NBCRS

468 Kupola budućeg lakog borbenog vozila mornaričke pešadije SAD

468 Francuski uređaj za komuniciranje glasom u borbenim helikopterima

469 Holandski radari STIR.180 za grčke instalacije na Kritu

470 Životni vek softvera

470 Softverska kriza

Dr Vidosav Majstorović, dipl. inž.,
Dr Gradimir Ivanović, dipl. inž.,
Dr Dragutin Stanivuković, dipl. inž.

Ekspertni sistemi za održavanje[1]

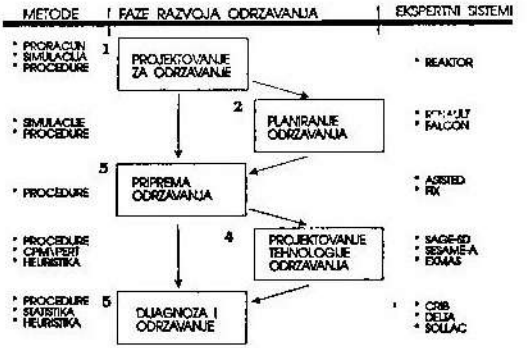
Postavka problema

U razvoju ekspertnih sistema, danas se primenjuju dva pristupa u njihovom projektovanju i razvoju, i to: (I) produkcioni ekspertni sistemi i (II) ekspertni sistemi vođeni uzorkom. Oba pristupa se primenjuju i za tehnološke eksperimentne sisteme, ali je danas više razvijenih i primenjenih produkcionih ekspertnih sistema. Po svojim karakteristikama oni mogu da se klasifikuju u tri grupe: (I) konsultantski ekspertni sistemi pomoću kojih se vrši pretraživanje baze znanja i prezentacija relevantnih činjenica korisniku, (II) ekspertni sistemi za generisanje odluka sa sistemom zaključivanja i objašnjenja procesa rezonovanja pri aktivizaciji znanja i (III) ekspertni sistemi sa učenjem u postojećoj bazi znanja.

Druga grupa predstavlja današnju realnost, a treća grupa će se primenjivati u fabrikama budućnosti.

Za oblast održavanja u tehnološkim sitemima moguće je napraviti komparaciju: primenjene metode za rešavanje inženjerijskih problema u održavanju — faze razvoja održavanja — primenjeni ekspertni sistemi, sl. 1.

Danas postoje tri karakteristična pristupa razvoju ekspertnih sistema za dijagnozu i održavanje. To su (I) istraživačke institucije i kompanije koje isključivo razvijaju ekspertne sisteme za dijagnozu i održavanje (SD-UK, RCA Corp. — USA, itd.), (II) istraživačke in-



Sl. 1 — Relacije: primenjene metode — ekspertni sistemi u održavanju

stitucije koje su odgovarajuće kvantume znanja u oblasti ekspertnih sistema stekle razvojem ekspertnih sistema za druge oblasti (Carnegue Mellon University, Stanford University), da bi ta znanja primenili i u razvoju ekspertnih sistema za dijagnozu i održavanje i (III) kompanije i institucije koje razvijaju opšte »shell-ove«, odnosno skeletne ekspertne sisteme, koji se mogu primeniti i u održavanju (Teknowledge Inc., Intelligent Terminals Ltd., University of Edinburgh).

[1]) Članak preuzet iz časopisa: »TEHNIKA — OPŠTI DEO 47 (1992) 1—2, 10—13

Ovaj rad se sastoji iz dva dela. U prvom delu prikazane su osnove analize, razvoja i primene karakterističnih ekspertnih sistema za održavanje, a u drugom je dat primer razvijenog domaćeg ekspertnog sistema EXMAS[2] (Expert Maintenance System). Pri pisanju ovog rada korišćene su reference [1—9].

Ekspertni sistemi u održavanju

Inženjerijske procedure u održavanju i razlozi za korišćenje ekspertnih sistema za njih

Globalno posmatrano, svaki mašinski sistem sa aspekta održavanja prolazi kroz tri faze: (I) u fazi projektovanja vrši se simulacija i modeliranje parametara pouzdanosti i pogodnosti za održavanje, (II) u fazi proizvodnje postavlja se problem projektovanja (planiranja i predikovanja) elemenata logističke podrške za te sisteme i (III) u fazi eksploatacije proces njihovog efikasnog održavanja, primenom adekvatnih modela tehnologije održavanja.

Sve tri grupe aktivnosti sadrže u sebi različite kategorije znanja (deklarativno i heurističko), koje je zasnovano na intuiciji, iskustvu i znanjima čoveka (inženjera projektanta i planera) kao i na odgovarajućim eksperimentima.

Polazeći od ovih činjenica mogu da se navedu sledeći valjani razlozi za primenu ekspertnih sistema u održavanju: (I) stalni zahtevi za povećanje raspoloživosti i pouzdanosti mašinskih sistema koji su sve kompleksniji. Najčešće, mašinski sistemi rade non-stop, pa ova činjenica zahteva kvalifikovanu ekspertizu u svakom vremenskom trenutku, što podrazumeva korišćenje ekspertnog sistema. Na ovaj način omogućuje se da i manje kvalifikovani radnici uz njegovu pomoć izvode intervencije održavanja, (II) znanje o opremi i mašinama sadrži, po pravilu, kompleksne tehnologije i informacije iz različitih oblasti. Zbog toga je teško da jedan stručnjak bude ekspert za različite oblasti, (III) fabrike su danas često suočene sa situacijom da mogu da izgube ekspertizu zbog odlaska zaposlenih. Međutim, razvojem i primenom ekspertnih sistema ovaj problem se prevazilazi, (IV) ako inženjer održavanja opslužuje različite mašine, on za svaku od njih pravi ekspertize koje imaju neka zajednička, kao i posebna znanja. Ekspertni sistemi se grade sa bazom znanja koje to respektuje i koja može da ubrza proces obuke stručnih radnika u održavanju, kao i distribucije ekspertiza i (V) veštačka ekspertiza proizvodi konzistentniju ekspertizu nego čovek ekspert. Čovek može da donosi različite odluke za istu situaciju, jer to, između ostalog zavisi i od emotivnih faktora. Ekspertni sistem je oslobođen ovih uticaja.

Ako se izvrši komparacija između nekih osnovnih karakteristika inženjera održavanja i ekspertnih sistema za tu oblast, moguće je doći do pokazatelja i relacija, kako je to prikazano na sl. 2.

Na osnovu izvršenih analiza može da se kaže da je funkcija ekspertnih sistema u održavanju sledeća: (I) da korisniku predloži najbolju akciju ili skup alternativa za odluku; (II) da korisniku pomogne pri dijagnozi elektronskih, električnih i mehaničkih otkaza, (III) da daje sugestije inženjeru održavanja o specifičnim problemima i (IV) da korisniku omogući koncepcijsko i preliminarno projektovanje za održavanje, kao i planiranje i upravljanje održavanjem.

Izgradnja ekspertnih sistema za održavanje

Za oblast ekspertnih sistema u održavanju, njihovo projektovanje, testiranje i upotrebu koriste se za inženjerstvo znanja jezici veštačke inteligencije, sredstva (alati) za izgradnju sistema na bazi inženjerstva znanja i skeletni sistemi. Ova klasifikacija je nastala kao rezultat razvoja ove oblasti veštačke inteligencije i njene primene za izgradnju ekspertnih sistema različite namene.

R. br.	Ekspertni sistem (E)	E / IO	Inže. održavanje (IO)	Karakterist.
1	Sporo uči	IO	Sposoban za učenje	Učenje
2	Laka dokumentov.	E	Nije sposob. za dokumentov.	Dokument.
3	Relativno skup	E	Znatno skuplji	Cena
4	Lak za umnožav.	E	Nepodes. umnožav. ekspertize	Kopir. znanja
5	Lak za prenos	E	Nepodes. za mjenj. rad. mesta	
6	Tehnička znanja	E	Opšta i logička znanja	Oblast znanja
7	Ne svestan	IO	Svestan	Osetlj.
8	Lako dodavanje znanja	E	Nepodesan za dopunu znanja	Dopuna znanja
9	Uvek raspoloživ	E	Raspolož. ogranič.	Raspoloživost
10	Dosledan	E	Ne predvidivo	Ponaš.
11	Pomoću simbola	IO	Pomoću čula	Kontakt sa oko-
12	Uska oblast	IO	Široka oblast	Širina znanja
13	Praktično neogran.	E	Vremenski ograničen	Trajnost
14	Bez inspiracija	IO	Inspirativan	Inspiracija
15	Brz	E	Relativno spor	Brzina znanja
16	Zahteva dodatne isprave	IO	Često nepotrebne	Dodat. instruk.
17	Nepodesan za razne situacije	IO	Prilagod.	Prilagodlj.

Sl. 2 — Poređenje karakteristika ekspertnih sistema i ekspertize čoveka (inženjera)

Svi jezici i alati, koji se koriste u gradnji ekspertnih sistema, mogu da se klasifikuju i prema metodama programiranja i organizacije baze znanja u šest grupa: To su: (I) metod pravila (IF--THEN), i primenjuje se za organizaciju znanja i izgradnju modela interence engine za olančavanje unapred ili unazad, (II) metod frejmova, sl. 3, i seman-

```
(simptomi
  (jedinica otkaz
    (prenosnik za glavno kretanje
      (DC motor
        (provodnik)
        (prekidač)
        (osigurač)
      )
      (DC naponi
        (neispravnost (ako postoji
        (d merljiv napon)
          (regulator))
        (nula
          (osigurač)
              .
              .
              .
        )
        (digitalna logika)
              .
              .
              .
        )
        (analogni blok)
              .
              .
              .
        )
        .
        .
        .
```

Sl. 3 — Frejm za jedan simptom

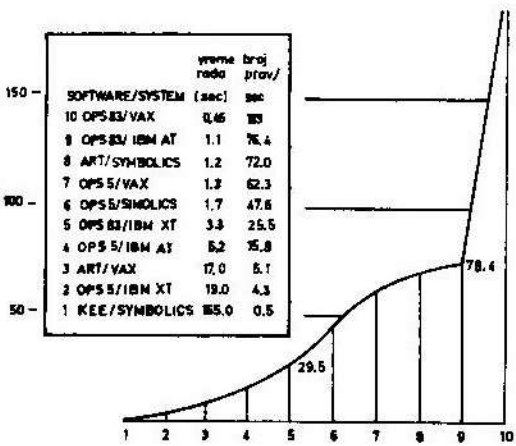
tičnih mreža primenjuje se za organizaciju deklarativnog i heurističnog znanja, (III) metod programiranja ekspertnih sistema (baza znanja, inference engine) orijentisan procedurama. Ovaj metod koristi subrutine kao entitete programa za izvršenje odgovarajuće funkcije. Tipičan predstavnik ovog metoda je jezik LISP, (IV) metod programiranja orijentisan objektu. Ovaj metod koristi specijalnu organizaciju programa koja se sastoji od objekata koji predstavljaju entitete i relacije objekta i okoline. Na ovaj način uspostavlja se mrežna hijerarhija u procesu izgrad-

nje sistema. Tipičan programski alat koji koristi ovaj programski model je SMALLTALK, (V) metod programiranja zasnovan na logici, koristi račun predikata za organizaciju baze znanja i izgradnju modela inference engine. Svaka logička relacija po ovom metodu može da se napiše na sledeći način:

naslednik: — prethodnik-1, prethodnik-2,. . ., prethodnik-n.

gde su prethodnici predikati čija se tačnost testira. Proces programiranja je orijentisan cilju, pri čemu se porede naslednici. Tipičan jezik ovog metoda je PROLOG, i (VI) metod orijentisan pristupu koji koristi »demone« za nove procedure obrade, kada se menjaju podaci ili se vrši učitavanje novih podataka. Tipičan programski jezik koji radi na ovom principu je LOOPS. Njegova dodatna karakteristika je da ima dobru grafiku.

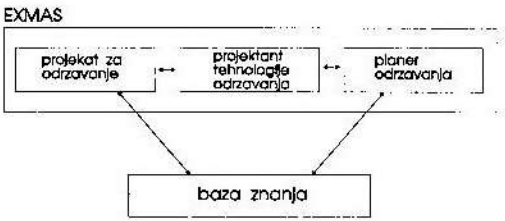
Primer komparativne analize nekih karakteristika alata za izgradnju ekspertnih sistema za održavanje prikazan je na sl. 4.



Sl. 4 — Karakteristika nekih alata za izgradnju ekspertnih sistema

Jedan primer razvijenog ekspertnog sistema

Polazeći od postavki integralnog pristupa problemima održavanja u životnom veku jednog mašinskog sistema, definisan je model EXMAS, sl. 5, koji ima tri modula: (I) projektant za održavanje, (II) projektant tehnologije održavanja i (III) planer održavanja. Logika izgradnje i povezivanja znanja modula ostvaruje se preko zajedničke baze znanja.



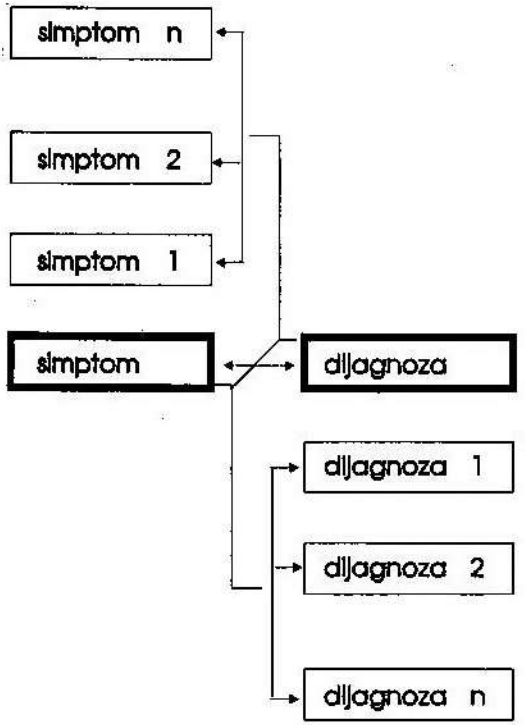
Sl. 5 — Globalna struktura EXMAKS

Ako se globalna struktura EXMAS-a razloži na njegove entitete, dobićemo njegovu osnovnu arhitekturu, koja sadrži: (I) shell ekspertnog sistema (bazu znanja i inference engine), (II) procesor i (III) komunikacioni interface.

Baza znanja je izgrađena na osnovu postojećih znanja o opštim i posebnim karakteristikama procesa i parametara održavanja mašinskih sistema, polazeći od svih mogućih relacija i veza tih znanja kako je to na jednom primeru prikazano, sl. 6. Naime, moguće je definisati sledeće relacije: jedan simptom — jedna dijagnoza, jedan simptom — više dijagnoza i više simptoma — jedna dijagnoza.

Znanja su predstavljena faktima i pravilima, kojih ima tri vrste (osnovna, zadata i strategijska). .Za model koncepcijskog određivanja tehnologije održavanja na bazi stanja, primenjuje se olančavanje unapred za inference engine, a za tehnologiju naknadnog održavanja koristi se olančavanje unazad. Funkcionalna struktura znanja definisana je blokovima znanja, pomoću koje se realizuju neke funkcije procesora i inference engine.

Procesor je drugi entitet EXMAS-a koji zaključke inference engine filtrira



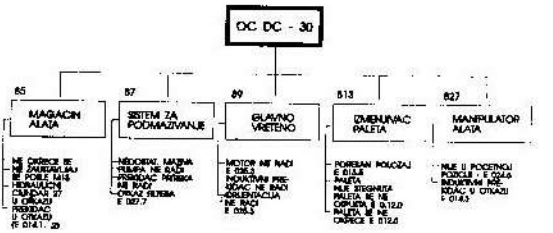
Sl. 6 — Osnovne relacije: simptom (I) — dijagnoza (E)

kroz: (I) procedure prepoznavanja za dijagnozu i održavanje (slučajeve i procese), (II) omogućuje realizaciju odgovarajućih logika, opštih i specifičnih za predmetnu oblast, i (III) na bazi kriterijuma optimizacije, preko funkcija, stanja, procesa i cilja optimizira odgovarajuća rešenja.

Komunikacioni interface, za ulaz i izlaz omogućuje komforniji rad korisniku.

Kao primer rada EXMAS-a, navodi se slučaj za obradu centar DECKEL DC-30. Baza znanja je formirana na osnovu klasifikacionih tipičnih otkaza za karakteristične mini mašine: magazin alata, sistem za podmazivanje, glavno vreteno, izmenjivač paleta i izmenjivač (manipulator) alata, sl. 7.

Ona sadrži činjenice o simptomima i elementima obrade stanice gde se oni javljaju. Ovde je iskorišćena mogućnost njihovog kodiranja (E 014.1) kako je to prema dijagnostičkoj software-skoj po-



Sl. 7 — Klasifikacija simptoma za jedan deo mini-mašine OC DC-30

drški dato za ovu mašinu. Pravilima IF--THEN uspostavljena je veza između: simptoma i elemenata obradne stanice i elemenata strukture i tehnologije naknadnog i planiranog održavanja kao i rezervnih delova.

Korišćenjem EXMAS-a, u ovom slučaju korisnik zamenjuje osnovni manuel za održavanje. Primeri činjenica za simptome i elemente obradne stanice su:

ZA DIJAGNOZU LOKACIJA — izmenjivač — paleta VEROVATNOĆA JE 0.15;

ZA SIMPTOM npp PITANJE JE da-li-je-na-uj-poruka-»024.6«;

Primer pravila za napred navedenu relaciju je:

AKO JE LOKACIJA — izmenjivač-paleta ONDA JE 0.95 0.02 popo;

Posle ovako formirane baze znanja primer dijaloga u EXMAS-u je:

? — find diagnosis.

Is toiol magazine turning around: no.

Is there a message »E025.2« on CU: no

Is there a message »E025.3« on CU: yes

Suggested choice(s):

»Location main spindle« ith probability 0.89437262

yes

? — maintenance technology.

For the diagnosis »Location main spindle« maintenance technology is:

*With diagnostic subprograms SJ37 and SJ37 establish diagnosis of spindle function then consult maintenance manual 10 * 11 and 18 preventive maintenance*

*technologu is * Weekly cleaning of motor filter * Monthly check of air cleaning system * Each three months check motor brushes and their replacement if smaller than 8 mm * Each six months check spindle lubrication system * Annual check of radial and axial clearance spindle speed and tool clamping power (1365(KGF) * Each two years repack motor bearings and riplace grease calypsol H443 while the spare parts (part) are:*

*ID number in catalogue S/P 045604 * 600504 * 50006500 * 500069*

yes

? — halt.

Ovaj primer ilustrativno pokazuje koncepsijski model dijagnoze i održavanja koji je razvijen u okviru ovog ekspertnog sistema. On omogućuje planeru održavanje da donese pravilne zaključke o stanju mini mašine, daje tisak potrebnih intervencija kao i neophodnih rezervnih delova za odgovarajuće mini mašine.

Umesto zaključka

Izvršena analiza i dati primer nameću sledeće zaključke:

(I) ekspertni sistemi za dijagnozu i održavanje će u neposrednoj budućnosti predstavljati dominantne software proizvode za te namene i

(II) istraživanja radi njihovog projektovanja razvoja i primene zahtevaju interdisciplinarna znanja iz kompjuterskih nauka, veštačke inteligencije i različitih inženjerskih disciplina. Ovaj rad predstavlja doprinos ovim konstatacijama.

Literatura:

[1] Majstorović V., *Expert Systems for Diagnosis and Maintenance*, The State-of-the-Art, Journal »Computers in Industry«, Vol. 15, pp. 43—68, 1990.

[2] Majstorović V., Mnlačnć V., *Expert Systems for Maintenance in the CIM Concept*, Journal »Computers in Industry«, Vol. 15, pp. 83—93, 1990.

[3] Porat S., Rhune D., *Computerizing maintenance expertise*, Journal »I & CM, March, pp. 63—66, 1990.

[4] Krishnamurthi M. et all. *Knowledge Asquisition in a Machine Fault Diagnosis Sheel*, SIGART Newsletter, Number 108, pp. 84—91, 1989.

[5] Kim S. et all, *A Systematic Approach to Intelligent System Desing*, I. Concepts, Journal Robotics & CIM, Vol. 5, pp. 143—155, 1989.

[6] Kumara S. et all, *Qualitative Reasoning Based Process Diagnostics System*, The Pennsylvania State University, Department of Idnustrial Engineering, 1990.

[7] Monostori L., Nacsa J., *On the Application of Ieural Nets in Real — Time Manitoring of Machining Processes*, Computer and Automation Institute, Hungarian Acedemy of Sciences, Budapest, 1990.

[8] Lu S., Tcheng D., *Building Layered Models to Support Enginceering Decision Making*: A Machine Learing Approach, Journal of Engineering for Industry, Vol. 113/1, pp. 1—9, 1991.

[9] Majstorović V., Milačić V., *Learning in an Expert System for Maintenance in FMS*, CIRP Workshop of the Intelligent Manufacturing Systems, Budapest, 1991.

Dr Dragoljub Ridošić, dipl. inž.
Mr Darko Vasiljević, dipl. inž.,
Rade Krnjaja, dipl. inž.

Neke metode za ocenu kvaliteta optičkih sistema

U radu je dat kratak osvrt na neke metode za objektivnu ocenu kvaliteta optičkih sistema sa posebnim naglaskom na osnovama matematičkog modela za proračun geometrijske i difrakcione optičke prenosne funkcije. Za dati matematički model opisan je orginalni program i data je analiza rezultata za primer simetričnog objektiva.

Uvod

Optički sistemi imaju osnovni zadatak da izvrše prenos informacija pomoću elektromagnetnih talasa i projektovanja lika osmatranog objekta. Sposobnost optičkih sistema da »prenesu« raspodelu svetlosnog intenziteta sa ravni predmeta na ravan lika može se opisati pomoću optičke prenosne funkcije (Optical Transfer Function — OTF). Ako se zna raspodela svetlosne energije u prostoru predmeta može se rekonstruisati odgovarajuća raspodela svetla u ravni slike, pod pretpostavkom da poznajemo OTF. U radu se opisuju neke metode za ocenu kvaliteta lika sa detaljnim osvrtom na optičku prenosnu funkciju, kao vrlo značajnim elementom za objektivnu ocenu kvaliteta optičkih sistema.

Realni optički sistemi ne daju idealni lik (tačka se ne preslikava u tačku) već neki lik koji je u većoj ili manjoj meri deformisan. Sposobnost optičkog sistema da pravilno preslikava kontrast i geometrijski oblik predmeta zove se kvalitet lika. Parametri koji određuju kvalitet lika jesu stepen oštrine lika u granicama vidnog polja, stepen deformacije oblika lika i njena obojenost. Ukoliko je izvršena pravilna korekcija prilikom proračuna optičkog sistema, kvalitet slike optičkog uređaja — instrumenta prvenstveno zavisi od tačnosti obrade optičkih elemenata i kvaliteta stakla. Na kvalitet lika utiču i decentričnost sistema, zaostali naponi u staklu, kao i naprezanja izazvana prekomernim pritezanjem prilikom montaže i justaže optike.

Utvrđivanje kvaliteta lika, a time i kvaliteta optičkog sistema, predstavlja vrlo kompleksan problem prilikom ispitivanja optičkih uređaja. Radi toga je navedeno nekoliko metoda, a među njima su neke u najkraćim crtama samo prokomentarisane, s obzirom na to da su mnogo godina ranije razvijane i usaglašavane. Zbog toga su, pored merenja moći razlaganja i difrakcionog lika, u članku navedena osnovna saznanja iz ove oblasti, sa namerom da se kroz jedan primer pokaže složenost metoda za proračun optičke prenosne funkcije. U radu su predstavljene osnove matematičkog proračuna pomoću OTF sa posebnim osvrtom na geometrijski i difrakcioni OTF. Prikazan je program za proračun OTF sa dijagramima toka. Pomoću primera na simetričnom objektivu izvršena je komparacija geometrijskog i difrakcionog OTF sa analizom rezultata istraživanja.

Osvrt na metode za ocenu kvaliteta optičkih sistema

Kvalitet optičkih sistema može se oceniti u zavisnosti od kvaliteta formiranog lika i to upoređujući kontrast i

geometrijski oblik lika sa predmetom koji se posmatra. Postoji nekoliko metoda za ocenu kvaliteta lika, a time i kvaliteta optičkih sistema. Među najzastupljenijim načinima smatraju se metode merenja moći razlaganja, posmatranjem difrakcionog lika i merenjem OTF.

Proverom kvaliteta lika pomoću testa za razlaganje mogu se ustanoviti nedostaci lika u pogledu astigmatizma, krivine lika, sferne aberacije, hromatizma, kome, udvajanja lika, itd.

Astigmatizam se određuje kao razlika moći razlaganja horizontalnih i vertikalnih linija testa.

Krivina lika izražava se kao razlika linija na optičkoj osi i u polju, tj. van optičke ose.

Manifestacija sferne aberacije ogleda se u oku posmatrača kao oreoli.

Hromatizam se uočava tako što su krajevi lika od linije testa obojeni ljubičastim, zelenim i crvenim prugama.

Koma ispoljava linije testa u obliku komete.

Udvojenost lika uočava se ako je, pored osnovnog lika linije testa, prisutna još po jedna slabija slika.

Sve ove ocene često imaju subjektivan karakter i, obično, zavise od iskustva posmatrača.

Na moć razlaganja optičkih sistema, a time i kvalitet lika, utiče, takođe, i moć razlaganja njegovih komponenti, pa se pre montaže mora izvršiti kontrola, te u slučaju nepovoljne ocene izvršiti njihova dorada ili zamena. Osim spomenute kontrole potrebno je izvršiti proveru optičkih elemenata i podsklopova na veličinu napona pomoću specijalnih polarizacionih uređaja za procenu napona.

Drugi način provere kvaliteta optičkih sistema pomoću veštačke zvezde vrši se na osnovu difrakcionog lika koji se formira od beskonačno udaljene svetle tačke. Na osnovu ove metode mogu se ustanoviti sledeće nepravilnosti: sferna aberacija, hromatizam, astigmatizam, koma, decentriranje optičkog sistema, nehomogenost stakla, naponi u staklu nastali prilikom montaže, fine greške naleganja, itd. Kod kvalitetnih (dobro korigovanih) objektiva difrakcioni lik gledan ispred i iza žižine ravni ima oblik sistema pravilnih prstenova, pri čemu su svetliji ukoliko su udaljeniji od centra lika, a spoljašnji prsten, najširi i najsvetliji.

Sferna aberacija u slučaju »potkorekcije« uočava se pri posmatranju difrakcionog lika ispred žižine ravni objektiva, u položaju kada je prisutno 3—4 prstena, središnji prstenovi izgledaju slabi, a spoljni široki i svetli. Posmatranjem lika iza žižine ravni objektiva uočavaju se središnji prstenovi kao svetliji, a spoljašnji slabo izraženi. U slučaju »natkorekcije« sferna aberacija se manifestuje suprotno u odnosu na opisani način.

Hromatizam se manifestuje u obliku difrakcionog lika obojenog spektrom boja. Difrakcioni lik ispred žižine ravni objektiva ima izgled žuto-belog kruga sa crvenim vencem, a iza žižine ravni iste boje, ali bez crvenog venca.

Astigmatizam je izražen preko difrakcionog lika koji ima eliptični oblik. Prilikom posmatranja difrakcionog lika ispred i iza žižine ravni velika osa elipse menja svoj položaj za 90 stepeni.

Koma je izražena, kao što je i ranije spomenuto, kod testa za merenje moći razlaganja u obliku komete.

Nehomogenost stakla ima za posledicu veću deformaciju difrakcionih prstenova.

Naponi u staklu, takođe, izazivaju deformaciju difrakcionog lika slično prethodnom uzorku [9].

Za razliku od prethodnih metoda, optička prenosna funkcija opisuje sposobnost optičkog sistema da »preslika« raspodelu svetlosnog intenziteta sa ravni objekta na ravan lika. Ona sadrži kompleksne informacije o uticaju aberacija i difrakcije na proces preslikavanja predmeta. OTF se može prikazati u obliku:

$$OTF = MTF \cdot \exp(i \cdot PTF) \qquad (1)$$

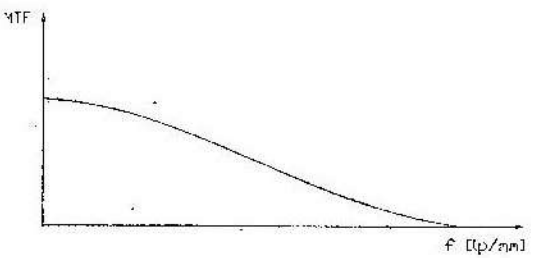
gde su:

MTF — modulaciona prenosna funkcija (modulation transfer function);

PTF — fazna prenosna funkcija (phase transfer function).

Sa fizikalnog stanovišta veći značaj ima MTF koja prikazuje kolika je relativna kontrasna osetljivost optičkog sistema od PTF koja određuje pomak slike u odnosu na optičku osu za vanosne svetlosne snopove.

Na slici 1 dat je karakterističan prikaz zavisnosti MTF od prostorne frnkvencije:



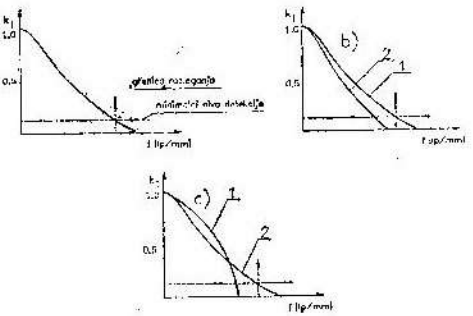
Sl. 1 — Zavisnost MTF od prostorne frekfencije

U stranoj literaturi se često može naći MTF pod nazivom frekfentivni odziv (frequency response), sinusni talasni odziv (sine wave response) i prenos kontrasta (contrast transfer). S obzirom na to da MTF predstavlja odnos relativnih kontrasta u ravni lika (k_1) i ravni predmeta (k_0):

$$\text{MTF} = \frac{k_1}{k_0} \qquad (2)$$

onda se na slici 2 može pokazati modulacija lika kao funkcija frekvencije testa.

Najmanji izraz modulacije lika koju sistem može detektovati definiše granicu razlaganja optičkog sistema (slika 2a). Sistem je kvalitetniji ukoliko ima veću granicu razlaganja i veću modulaciju lika (k_1) slika 2 b-1. Međutim, ukoliko jedan sistem ima visoku granicu razlaganja (slika 2 c-2), a drugi daje bolji kontrast (slika 2 c-1) za niže frekvencije testa, onda je teško reći koji je optički sistem bolji. Za ovakve karakte-



Sl. 2 — MTF lika u funkciji frekvencije testa a) za granični slučaj razlaganja i minimalni nivo detekcije; b) u slučaju jednostavnog, i c) u slučaju složenog određivanja kontrasta 1. i 2. optičkog sistema

ristične slučajeve donosi se ocena na osnovu namene samog sistema, nudeći odgovor na pitanje šta je za funkciju tog sistema važnije — kontrast, tj. minimalni nivo detekcije ili razlaganja [4].

U teoriji su poznata dva načina proračuna OTF, i to:

— kao obrnuta Fourirerova transformacija, funkcija intenziteta širenja tačke (intensity point spread function) najčešće koristeći Cooley — Turkey algoritam koji najbrže daje rezultat;

— kao dvodimenzionalni autokorelacioni integral funkcije pupile [1].

U dostupnoj stranoj literaturi [1, 2] pokazano je da autokorelaciona metoda ima mnogo praktičnih prednosti za proračun na računarima, pa je zato preuzeta za osnovu proračuna difrakcione optičke prenosne funkcije koji je ugrađen u program za automatizaciju projektovanja optičkih sistema — *APOS* [5, 6, 7].

Mac Donald u [1] predlaže uvođenje kanonskih kordinata u definisanje talasne aberacije i autokorelacionog integrala za proračun difrakcione OTF.

Kanonske kordinate prvi je definisao Hopkins kao relativne kordinate koje predstavljaju odnos između stvarnih i referentnih kordinata. Za proračun difrakcione OTF naročito su bitne kanonske kordinate ulazne (x i y) i izlazne (x' i y') pupile. One se definisu kao relativne kordinata stvarnog zraka na pupili u odnosu na osni znak na maksimalnoj dozvoljenoj visini $y=y_{max}$. Ovako definisane kordinate pupile omogućavaju, kao što je pokazano u [1], da se ulazna i izlazna pupila definišu kao krugovi sa jediničnim radijusom. To veoma olakšava proračun difrakcione OTF koji se vrši po formuli:

$$D(\sigma,\tau)=\frac{1}{A}\int_p\int \exp\{ik\cdot[W(x'_s,y'_t)-$$

$$-W(x'_s-\sigma,y'_t-\tau)]\}dx'_s dy'_t \qquad (3)$$

gde su:

$D(\sigma,\tau)$ — difrakciona optička prenosna funkcija;

σ,τ — sagitalna i tangencijalna komponenta redukovane prostorne frekvencije predmeta — rešetke sa N linijskih parova po mm nagnuto pod azimutom ψ_0 u odnosu na osu x (upravnu na meridionalnu ravan optičkog sistema). Redukovana prostorna frekvencija je bezdimenzionalna veličina, koja se definiše kao:

$$s=\frac{\text{stvarna prostorna frekvencija}}{\text{numerička apertura}}$$

*talasna dužina (4)

$W(x'y')$ — talasna aberacija izražena u kanonskim kordinatama izlazne pupile;

P — površina zajednička za dve pupile koje su predstavljene jediničnim kružnicama sa centrima u (0, 0) i (σ,τ) u kordinatnom sistemu izlazne pupile (x' i y');

A — površina izlazne pupile za koju se sa dovoljno tačnosti može pretpostaviti da je elipsa u slučaju vanosnih zraka. Zbog korišćenja kanonskih kordinata pupile imamo elipsu sa jediničnim glavnim osama, pa je njena površina $A=\pi$;

k — koeficijent $k=2\pi/\lambda$, gde je λ — talasna dužina [1].

Uobičajeno je da se vrši proračun sagitalne i tangencijalne komponente difrakcione OTF i da se prikazuje zasebno. Kidger je u [2] dao konkretne formule za proračun difrakcione OTF i predložio da se prilikom integracije koristi metoda Gaussovih kvadratura. Kod optičkih sistema koji imaju rotacionu simetriju Kidger je uveo smanjene površine integracije zbog simetričnosti talasne aberacije u odnosu na meridionalnu ravan. Formule za proračun sagitalne i tangencijalne komponente difrakcione OTF su [2]:

— sagitalna komponenta:

$$D=\frac{4}{A}\cdot\int_{p/4}\int \cos\left\{\frac{k}{2}\cdot\left[W\left(x'+\frac{s}{2'}y'\right)-\right.\right.$$

$$-W\left(x'-\frac{s}{2'}y'\right)-W\left(x'+\frac{s}{2'}-y'\right)+$$

$$\left.\left.+W\left(x'-\frac{s}{2'}-y'\right)\right]\right\}\cdot$$

$$\cdot\cos\left\{\frac{k}{2}\cdot\left[W\left(x'+\frac{s}{2'}y'\right)-W\left(x'-\frac{s}{2'}y'\right)+\right.\right.$$

$$+W\left(x'+\frac{s}{2'}-y'\right)-$$

$$\left.\left.-W\left(x'-\frac{s}{2'}-y'\right)\right]\right\}dxdy \qquad (5a)$$

— tangencijalna komponenta:

$$D=\frac{4}{A}\cdot\int_{p/4}\int\cos\left\{\frac{k}{2}\cdot\left[W\left(x',y'+\frac{s}{2}\right)-\right.\right.$$

$$-W\left(x',y'-\frac{s}{2}\right)-W\left(x',-y'+\frac{s}{2}\right)-$$

$$\left.\left.+W\left(x',-y'-\frac{s}{2}\right)\right]\right\}\cdot$$

$$\cdot\exp\left\{\frac{k}{2}\cdot\left[W\left(x',y'+\frac{s}{2}\right)-\right.\right.$$

$$-W\left(x',y'-\frac{s}{2}\right)+W\left(x',-y'+\frac{s}{2}\right)-$$

$$\left.\left.-W\left(x',-y'-\frac{s}{2}\right)\right]\right\}dxdy \qquad (5b)$$

U [3] je prikazan prelazak sa proračuna difrakcione OTF na geomatrijski OTF, odnosno sa proračuna OTF koji koristi talasne aberacije na OTF koji koristi poprečne aberacije definisane u geometrijskoj optici. Razvijanjem talasnih aberacija $W(x'+s/2,y')$ i $W(x'-s/2,y')$ u Taylorov red i zaustavljanjem na malim veličinama drugog reda dobija se:

$$W\left(x'+\frac{s}{2'}y'\right)-W\left(x'-\frac{s}{2'}y'\right)=$$

$$=s\cdot W'(x',y') \qquad (6)$$

Poznato je da se poprečne aberacije mogu definisati na sledeći način [2, 3]:

$$\delta\eta'=-\frac{1}{NA}\cdot\frac{\sigma W}{\sigma y}$$

$$\delta\xi'=-\frac{1}{NA}\cdot\frac{\sigma W}{\sigma x} \qquad (7)$$

gde su:

$\delta\eta'$ i $\delta\xi'$ — poprečne aberacije u y i x pravcu;

NA — numerička apertura;

W — talasna aberacija;

Zamenom (6) u (5) i njihovim sređivanjem podintegralna funkcija postaje [3]:

— za sagitalni slučaj: $\exp(2\pi i f\delta\xi')$ (8a)

— za tangencijalni slučaj: $\exp(2\pi i f\delta\eta')$ (8b)

gde je:

f — stvarna prostorna frekvencija koja se izražava u linijskim parovima po mm.

Koristeći se u matematici poznatom relacijom:

$$e^{i\Phi}=\cos\Phi+i\cdot\sin\Phi$$

dobijaju se formule za proračun geometrijskog OTF:

— za sagitalni slučaj:

$$D=\frac{1}{A}\int_{p}\int[\cos(2\pi f\delta\xi')+i\cdot$$

$$\cdot\sin(2\pi f\delta\xi')]dxdy \qquad (9a)$$

— za tangencijalni slučaj:

$$D=\frac{1}{A}\int_{p}\int[\cos(2\pi f\delta\eta')+i\cdot$$

$$\cdot\sin(2\pi f\delta\eta')]dxdy \qquad (9b)$$

Pošto podintegralna funkcija ne zavisi direktno od koordinata x i y, integracija se može zameniti jednostavnim sabiranjem. Konačne formule za proračun geomatrijskog OTF su:

— za sagitalni slučaj:

$$D=\frac{1}{N}\sum_{f=1}^{N}[\cos(2\pi f\delta\xi')+i\cdot\sin(2\pi f\delta\xi')] \qquad (10a)$$

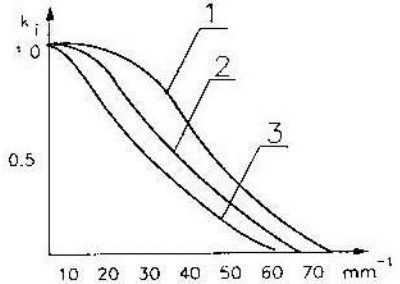
— za tangencijalni slučaj:

$$D=\frac{1}{N}\sum_{f=1}^{N}[\cos(2\pi f\delta\eta')+i\cdot\sin(2\pi f\delta\eta')] \qquad (10b)$$

gde je:

N — ukupni broj prostornih frekvencija za koje se računa geomatrijski OTF.

OTF može vrlo dobro da pokaže uticaj svih pomenutih aberacija i difrakcije na kvalteit lika. Poenta ovog rada ogleda se upravo u tome, nastojeći da ukaže na neke prednosti ove metode koja daje objektivniju ocenu kvaliteta optičkih sistema. Na slici 3 predstavljen je MTF objektiva za razne uglove u odnosu na optičku osu sistema.



Sl. 3 — MTF objektiva za razne uglove upada u odnosu na optičku osu
1) za upadni ugao 0°; 2) za upadni ugao 10°; 3) za upadni ugao 30°

Pomoću MTF mogu se sagledati uticaji difrakcije i sferne aberacije (osim distorzije), a pomoću PTF i distorzije. Aberacija tipa astigmatizma i kome utiču, kako na MTF, tako i na PMF [1]. Sa slike 3 se vidi da MTF opada monotono sa porastom učestanosti, pa se objektiv po istoj analogiji ponaša kao filter niskih prostornih učestanosti. Na optičkoj osi MTF je najbolji, a faza je jednaka nuli. Sa porastom upadnog ugla MTF je lošiji, što se može povezati sa paraksijalnim područjem.

Prikaz programa za proračun optičke prenosne funkcije

Program za proračun i grafički prikaz geomatrijskog OTF i difrakcione OTF ugrađen je u sklopu programskog paketa za automatizaciju projektovanja optičkih sistema APOS.

Dijagram toka programa za proračun geomatrijskog OTF prikazan je na slici 4. Na samom početku proračuna učitavaju se potrebni ulazni podaci koji se sastoje od:

— konstrukcionih parametara, kao što su: radiusi krivina prelomnih površina, njihova međusobna rastojanja, svetlosni otvori optičkih komponenti, indeksi prelamanja optičkih sredina, uvećanje, nemerička apertura i položaj aperturne dijafragme, ugao vidnog polja, vrednosti talasnih dužina na kojima radi optički sistem, i

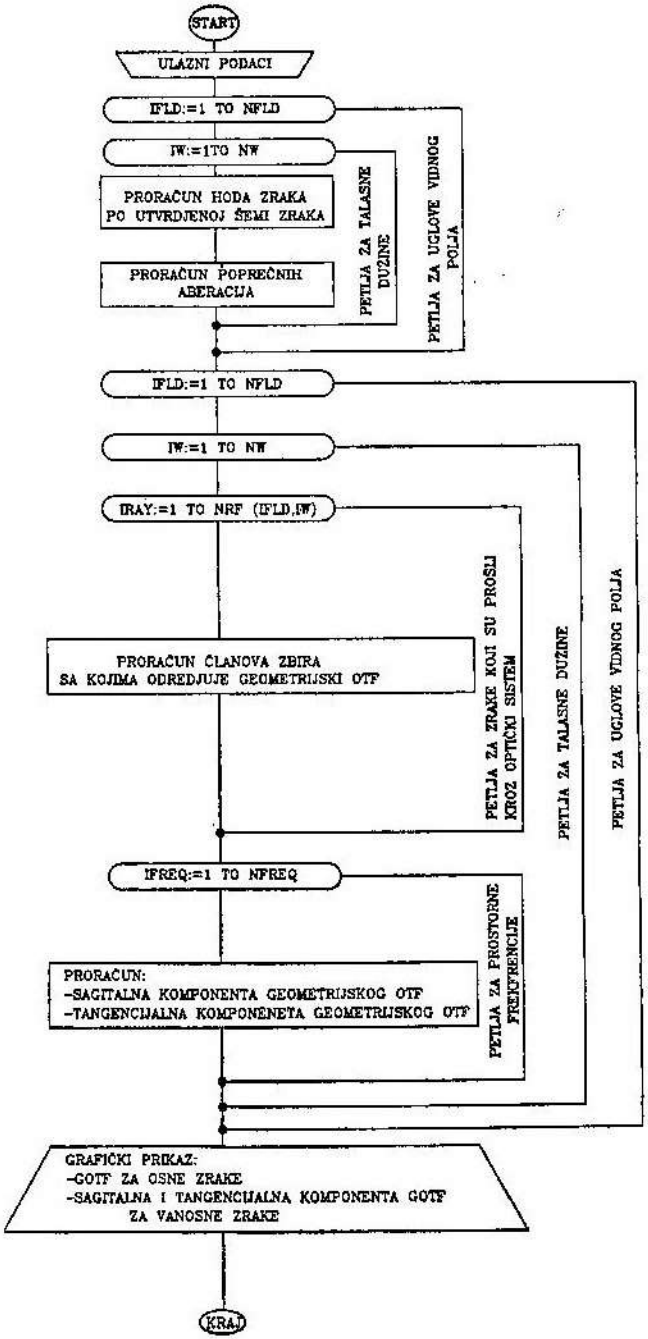
— koordinate ulaznih zraka koje definišu položaj zraka na prvoj prelomnoj površini optičkog sistema.

Da bi se mogao vršiti proračun geometrijskog OTF, potrebno je propustiti, odnosno proračunati hod zraka kroz optički sistem za veliki broj zraka po unapred određenoj šemi. U [3] je predloženo da se ulazna pupila podeli na n koncentričnih krugova koji su podeljeni na segmente sa jednakom površinom koji su prikazani na slici 5. Zbog rotacione simetrije optičkih sistema dovoljno je da se radi samo sa jednom polovinom koncentričnih krugova. Na osnovu načina podele jasno je da za n koncentričnih krugova odgovara n^2 zraka pomoću kojih se vrši proračun hoda zraka kroz optički sistem. U našem slučaju izabrano je da se ulazna pupila deli na 7 koncentričnih krugova i da se kroz nju propušta 49 zraka sa kojima se vrši proračun hoda zraka kroz optički sistem.

Za proračun geomatrijskog OTF interesantni su samo oni zraci koji prođu kroz ceo optički sistem. Za svaki zrak koji prođe kroz optički sistem računa se poprečna aberacija $\delta\eta'$ i $\delta\xi'$ koje se mogu definisati kao razlika između koordinata u ravni lika tekućeg zraka i referentnog (glavnog) zraka:

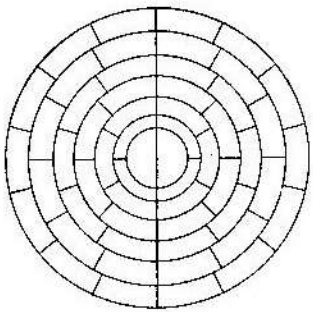
$$\delta\eta' = y' - y'_{ref}$$
$$\delta\xi' = x' - x'_{ref} \qquad (11)$$

Proračun hoda zraka kroz optički sistem i proračun odgovarajućih poprečnih aberacija za svaki zrak može da se vrši za određeni broj talasnih dužina



Sl. 4 — Dijagram toka programa za proračun geometrijskog OTF

(uobičajeno je da se radi za tri talasne dužine koje odgovaraju d, C i F liniji spektra) i za nekoliko uglova vidnog polja (uobičajeno je da se radi sa tri ugla vidnog polja $\omega=0°$ — na osi, $\omega=0.7\omega_{max}$ i $\omega=\omega_{max}$). Može se zaključiti da se vrši proračun hoda zraka kroz optički sistem i odgovarajućih poprečnih aberacija za ukupno 441 zrak.



Sl. 5 — Prikaz raspodele zraka na ulaznoj pupili za proračun geometrijskog OTF

Nakon proračuna hoda zraka kroz optički sistem i odgovarajućih poprečnih aberacija prelazi se na samo određivanje geometrijskog OTF koji se proračunava u računarskoj petlji za tri ugla vidnog polja i za tri talasne dužine. Prvo se za svaki zrak koji je prošao kroz optički sistem računa vrednost članova zbira koji su definisani jednačinama (10a) za sagitalni slučaj i (10b) za tangencijalni slučaj. Po završetku tog dela proračuna prelazi se na neposredni proračun geometrijske OTF i to sagitalne komponente po jednačini (10a) i tangencijalne komponente po jednačini (10b) koja se izvršava onoliko puta sa koliko se prostornih frekfencija računa. U [3] predloženo je da se ovako dobijeni geomatrijski OTF koriguje množeći sa vrednošću difrakcione OTF idealnog sistema.

Izlaz iz proračuna predstavlja grafički prikaz geomatrijskog OTF sagitalne i tangencijalne komponente na ekranu računara i u vidu »meta fajla« — standardnog formata za razmenu grafičkih datoteka.

Dijagram toka programa za proračun difrakcione OTF prikazan je na slici 6.

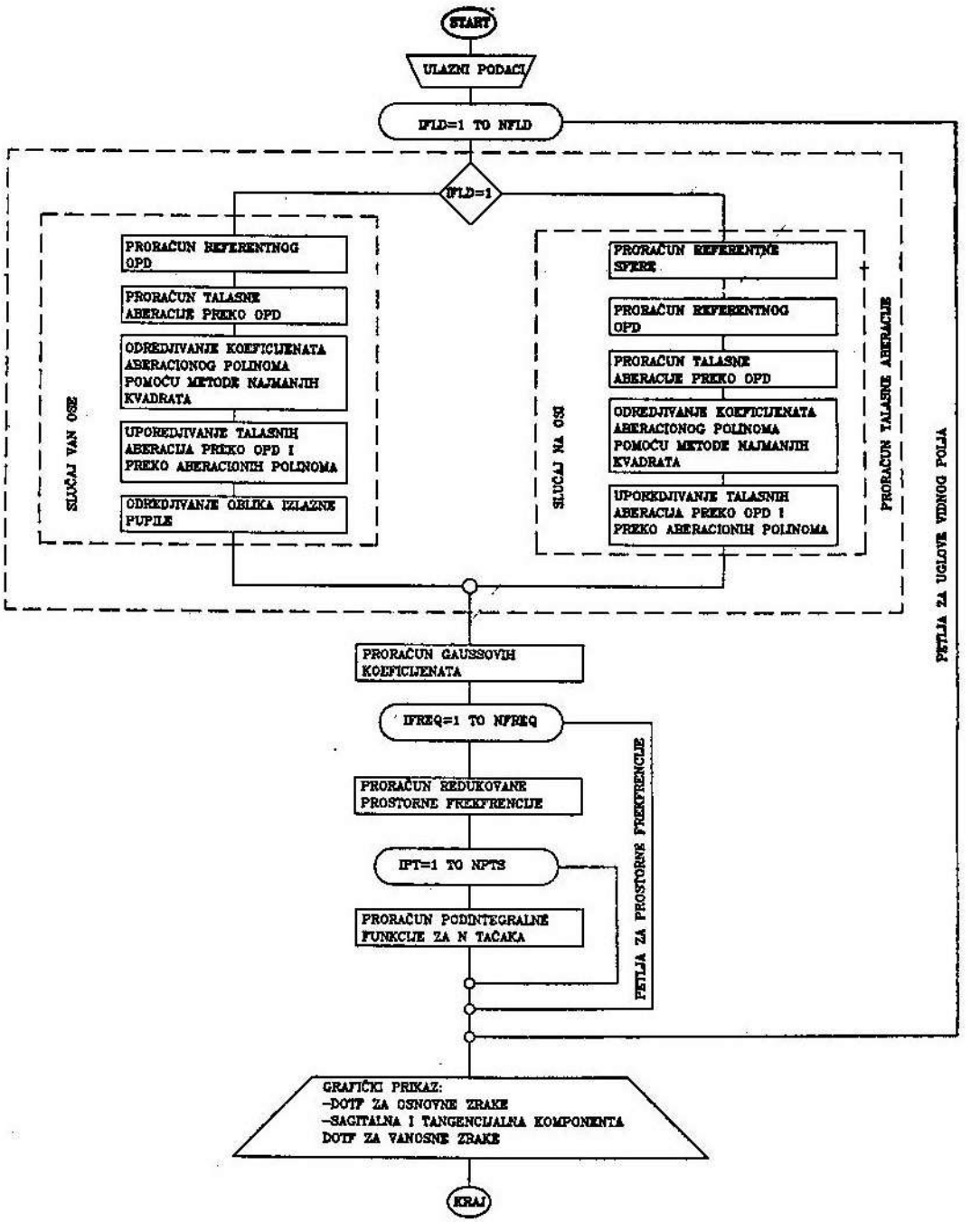
Program počinje učitavanjem istih ulaznih podataka koji su potrebni i za proračun geomatrijskog OTF. Ceo proračun difrakcione OTF vrši se za tri ugla vidnog polja. Na samom početku programa proverava se da li se vrši proračun sa osnim zracima (»slučaj na osi«) ili vanosnim zracima (»slučaj van ose«). Za slučaj na osi prvo se proračunava položaj i veličina referentne sfere u odnosu na koju će se meriti talasne aberacije. Zatim se prelazi na proračun optičke razlike puteva (optical path difference — OPD) sa kojom se definiše talasna aberacija. Prvo se računa referentni OPD, a zatim OPD za stvarne zrake kao razlika između referentnog OPD i OPD dobijenog hodom realnog zraka. Zajedno sa OPD računaju se i poprečna aberacija i Hopkinsove kanonske kordinate u izlaznoj pupili. Ceo ovaj proračun obavlja se za tri talasne dužine i za određeni broj zraka. Broj zraka za koji se računaju talasne aberacije treba tako usvojiti da bi se kasnije metodom najmanjih kvadrata mogli odrediti potrebni koeficijenti aberacionog polinoma. Za slučaj na osi talasna aberacija može se aproksimirati sledećim aberacionim polinomom [2]:

$$W = W_{00}+W_{20}(x'^2+y'^2)+W_{40}(x'^2+y'^2)^2+W_{60}(x'^2+y'^2)^3+W_{80}(x'^2+y'^2)^4 \quad (12)$$

gde su:

W	—	talasna aberacija,
$W_{00}, W_{20}, W_{40}, W_{60}, W_{80}$	—	koeficijenti aberacionog polinoma sa kojim se aproksimira talasna aberacija,
x', y'	—	kanonske kordinate u izlaznoj pupili.

Iz jednačine (12) jasno se vidi da imamo 5 koeficijenata aberacionog polinoma, pa je zato odlučeno da se talasna aberacija računa za 10 zraka da bi se na zadovoljavajući način moglo



Sl. 5 — Dijagram toka programa za proračun difrakcione OTF

izvršiti određivanje potrebnih aberacionih koeficijenata. Kada se oni proračunaju vrši se poređenje vrednosti talasne aberacije sračunate preko OPD i preko aberacionog polinoma. Ako je razlika tako dobijenih talasnih aberacija manja od dozvoljene greške to znači da aberacioni polinom dobro aproksimira talasnu aberaciju i da se može nastaviti sa samim proračunom difrakcione OTF, dok se u suprotnom slučaju, kada je razlika talasnih aberacija veća od dozvoljene, izdaje upozorenje o grešci i zaustavlja dalji proračun.

U slučaju van ose takođe se vrši proračun referentne OPD na osnovu hoda glavnog zraka kroz optički sistem. Proračun referentne OPD vrši se za tri talasne dužine. Zatim se računaju talasne aberacije preko OPD, poprečne aberacije i kanonske koordinate u izlaznoj pupili za određeni skup vanosnih zraka (kosih i vanmeridionalnih zraka). Broj potrebnih zraka za koji se računa OPD dobija se na osnovu broja koeficijenata aberacionog polinoma koji se određuju metodom najmanjih kvadrata. Za slučaj van ose talasna aberacija može se aproksimirati aberacionim polinomom [2]:

$$\begin{aligned} W = {} & W_{00} + \\ & + W_{20}(x'^2+y'^2) + W_{11}y' + \\ & + W_{40}(x'^2+y'^2)^2 + W_{31}(x'^2+y'^2)y' + \\ & + W_{22}y'^2 + \\ & + W_{60}(x'^2+y'^2)^3 + W_{51}(x'^2+y'^2)^2y' + \\ & + W_{42}(x'^2+y'^2)y'^2 + W_{33}y'^3 + \\ & + W_{80}(x'^2+y'^2)^4 + W_{71}(x'^2+y'^2)^3y' + \\ & + W_{62}(x'^2+y'^2)^2y'^2 + W_{53}(x'^2+ \\ & + y'^2)y'^3 + W_{44}y'^4 \end{aligned} \qquad (13)$$

Iz jednačine (13) jasno se vidi da imamo 15 koeficijenata aberacionog polinoma, pa je zato odlučeno da se talasna aberacija računa za ukupno 24 zraka da bi se na zadovoljavajući način moglo izvršiti određivanje potrebnih aberacionih koeficijenata. Zraci su u prostoru pupile tako raspoređeni da su bliski jedan drugome na rubovima pupile, a mnogo ređe raspoređeni na centru pupile. Proračun koeficijenata aberacionog polinoma i odgovarajuće talasne aberacije vrši se za tri talasne dužine. Po završetku proračuna proverava se da li tako dobijena abracija odstupa od talasne aberacije proračunate preko OPD za manje od unapred određene željene male vrednosti. Ako je uslov ispunjen, nastavlja se sa samim proračunom difrakcione OTF, a ako nije ispisuje se poruka o grešci i zaustavlja se dalji proračun. Sam proračun difrakcione OTF počinje sa određivanjem Gaussovih koeficijenata koji su potrebni za numeričko rešavanje integrala pomoću metode Gaussove kvadrature [10]. Numeričke vrednosti Gaussovih koeficijenata zavise od toga u koliko se tačaka može vršiti integracija. Program podržava integraciju sa 6, ili 16 tačaka. Jasno je da se, što se više tačaka koristi, dobija veća preciznost proračuna, ali je potrebno i veće vreme i veći računarski resursi da bi se sračunao integral. Difrakciona OTF se računa, kao i geometrijska OTF, a računarskoj petlji onoliko puta sa koliko prostornih frekvencija računamo. Prvo se pristupa proračunu redukovane prostorne frekvencije, pa zatim i samog difrakcione OTF, odnosno njene sagitalne i tangencijalne komponente, po formulama (5a) i (5b). Izlaz iz proračuna predstavlja grafički prikaz difrakcione OTF sagitalne i tangencijalne komponente.

Primer proračuna geometrijske i difrakcione OTF i analiza rezultata

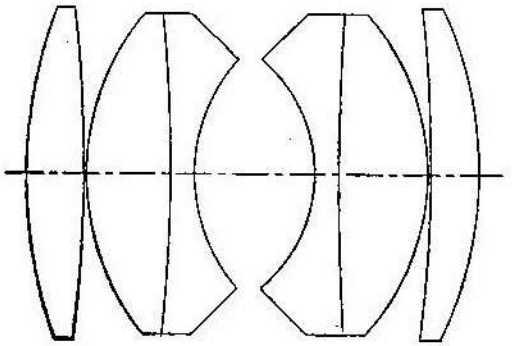
Kao primer za prikaz proračuna geometrijske i difrakcione OTF može najbolje da posluži jedan klasični kvazi simetrični objektiv (double Gauss objective) koji je prikazan na slici 7. Objektiv ima sledeće osnovne podatke:

— žižna dužina $f = 50$ mm;
— relativni otvor $f/2$;
— ugao vidnog polja $2\omega = 20°$.

Po aberacijama spada među bolje u grupi simetričnih objektiva. Moguće primene ovakvog objektiva su:

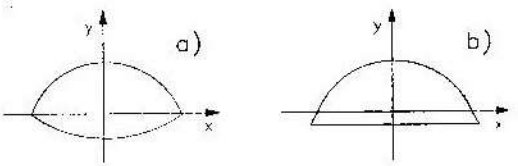
— standardni fotoobjektiv;

— razne vojne primene kod kojih može da ima ulogu širokougaonog objektiva, npr. za CCD kameru.



Sl. 7 — Optička šema kvazi simetričnog objektiva

Za proračun geomatrijskog i difrakcionog OTF veoma je bitno koliki procenat zraka iz pretpostavljene šeme zraka prođe kroz optički sistem, tj. koliko je vinjetiranje sistema. To je naročito bitno za proračun difrakcione OTF, jer se pretpostavlja da izlazna pupila ima oblik elipse. Istraživanja sprovedena na Imperial Collgeu u Londonu [2, 3] pokazuju da je aproksimacija izlazne pupile opravdana jedino ako nema vinjetiranja optičkog sistema. U suprotnom, kada je vinjetiranje veliko, oblik izlazne pupile, kao što je prikazano na slici 8, znatno odstupa od elipse. Zbog toga su moguće znatne greške u algoritmu za proračun difrakcione OTF.



Sl. 8 — Izgled izlazne pupile
a) izgled tipične izlazne pupile; b) izgled izlazne pupile pri velikom vinjetiranju

Glavni uzroci grešaka pri proračunu geomatrijskog i difrakcione OTF su sledeći:

a — vinjetiranje sistema i prisustvo aberacija pupile, što uzrokuje neodgovarajući proračun poprečnih aberacija koji direktno utiče na geomatrijski OTF, odnosno posredno preko pretpostavljenog oblika izlazne pupile na difrakciona OTF;

b — odstupanje od upravnosti ravni lika na optičku osu za vanosne zrake koje se događa zbog postojanja krivine polja. Proračun aberacija i OTF se vrši pod pretpostavkom da je ravan lika normalna na optičku osu. Što je krivina polja veća to je zakrivljenost ravni lika izraženija pa su veće i greške pri proračunu poprečnih aberacija, aberacionog polinoma i OTF.

c — korišćenje neodgovarajućeg aberacionog polinoma zbog nedovoljnog broja tačaka ili neodgovarajućih vrednosti talasne aberacije koja se koriste u metodi najmanjih kvadrata. Provera ispravnosti koeficijenata aberacionog polinoma je ugrađena u sam program, ako se otkrije greška program se sam zaustavlja. Ova greška je moguća samo kod proračuna difrakcione OTF.

Prisustvo vinjetiranja sistema aberacija pupile ili krivine polja može se utvrditi samo detaljnim proučavanjem dobijenog dijagrama MTF. Sam program nije u mogućnosti da odredi da li će određeno prisustvo vinjetiranja, aberacije pupile ili krivine polja štetno uticati i koliko na proračun geomatrijskog ili difrakcione OTF.

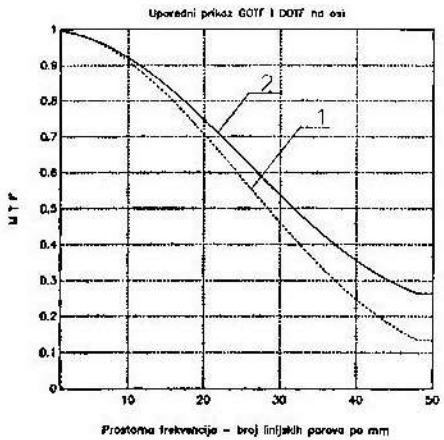
Za opisani objektiv izvršen je proračun geomatrijskog i difrakcione OTF i rezultati proračuna prikazani su u vidu dijagrama. Dati su uporedni prikazi geomatrijskog OTF (GOTF) i difrakcione OTF (DOTF) za sledeće slučajeve:

— na osi na slici 9;

— za ugao vidnog polja $\omega=0.7\omega_{max}$ na slici 10;

— za ugao vidnog polja $\omega=\omega_{max}$ na slici 11.

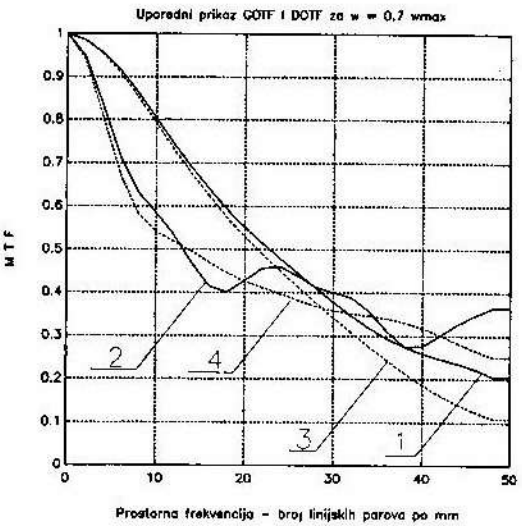
Na dijagramu sa slike 9 dat je uporedni prikaz geomatrijskog i difrakcione OTF sračunat za osne zrake. Oba prikaza MTF se potpuno poklapaju sa teorijskim oblikom krive MTF koja je prikazana na slici 1, jer nije bilo ograničavajućih faktora koji unose greške u proračun OTF-a, kao što su vinjetiranje (svi zraci su prošli kroz optički sistem) ili krivina polja (koja se računa za glavni zrak a ne za osne zrake).



Sl. 9 — Uporedni prikaz GOTF i DOTF za slučaj na osi
1 — difrakciona OTF; 2 — geometrijski OTF

Na dijagramu sa slike 10 dat je uporedni prikaz geomatrijskog i difrakcione OTF sagitalne i tangencijalne komponente sračunat za vanosne zrake pod uglom vidnog polja $\omega=0.7\omega_{max}$. Sa dijagrama se jasno vidi negativni uticaj navedenih faktora na proračun geomatrijskog OTF. Sagitalna komponenta geomatrijskog i difrakcione OTF bliske su očekivanim teorijskim vrednostima, jer su poprečne aberacije proračunate za x pravac dovoljno male, a i vinjetiranje sistema za ugao vidnog polja $\omega=0.1\omega_{max}$ iznosi 11% od svih emitovanih zraka, što bitnije ne utiče na proračun sagitalne komponente geomatrijskog i difrakcione OTF.

Kod tangencijalne komponente geomatrijskog OTF dolazi do značajnog odstupanja proračunate vrednosti od očekivane teorijske vrednosti. Uzrok tome su relativno velike poprečne aberacije proračunate u y pravcu i postojanje krivine polja. Koordinate poprečne aberacije računaju se za ravan lika koja nije ravna (upravna na optičku osu) već je zakrivljena. Program pretpostavlja da su sve koordinate u ravni upravnoj na optičku osu i zato dolazi do grešaka, tj. do oscilovanja krive za tangencijalnu komponentu geomatrijskog OTF. Pri proračunu tangencijalne komponente difrakcione OTF situacija je nešto bolja; proračunata kriva se dosta dobro poklapa sa očekivanom teorijskom krivom zato što poprečne abe-

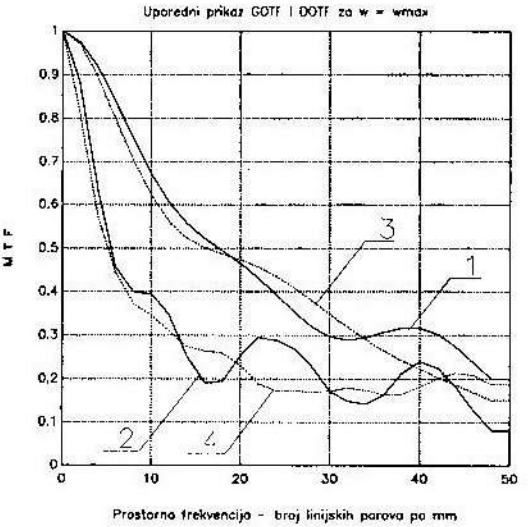


Sl. 10 — Uporedni prikaz GOTF i DOTF za ugao vidnog polja $\omega=0.7\,\omega_{max}$

1 — sagitalna komponenta geometrijskog OTF; 2 — tangencijalna komponenta geometrijskog OTF; 3 — sagitalna komponenta difrakcione OTF; 4 — tangencijalna komponenta difrakcione OTF

racije ne ulaze direktno u proračun difrakcione OTF već indirektno preko talasne aberacije. Tu postoje veće mogućnosti da se kompenzuje negativni uticaj poprečne aberacije.

Na dijagramu sa slike 11 dat je uporedni prikaz geomatrijskog i difrakcione OTF sagitalne i tangencijalne komponente, sračunat za vanosne zrake pod uglom vidnog polja $\omega=\omega_{max}$. Sa dijagrama se jasno vidi negativni uticaj sva tri faktora na proračun geomatrijskog i difrakcione OTF. Pored relativno velikih poprečnih aberacija i krivine polja javlja se i vinjetiranje sistema koje sada iznosi 19% od svih emitovanih zraka. Za ovaj slučaj proračun geomatrijskog OTF sagitalne i tangencijalne komponente potpuno odstupa od očekivanih teorijskih krivih. Kod proračuna difrakcione OTF može se zapaziti uticaj vinjetiranja sistema, naročito na tangencijalnu komponentu difrakcione OTF. U prva dva slučaja oblik izlazne pupile odstupa od pretpostavljene elipse, pa zato dolazi do razilaženja između proračunatih i očekivanih teorijskih rezultata, tj. umesto monotono opadajuće dobija se blago osciluju ća kriva.



Sl. 11 — Uporedni prikaz GOTF i DOTF za ugao vidnog polja $\omega=\omega_{max}$

1 — sagitalna komponenta geometrijskog OTF; 2 — tangencijalna komponenta geometrijskog OTF; 3 — sagitalna komponenta difrakcione OTF; 4 — tangencijalna komponenta difrakcione OTF

Zaključak

Metode za ocenu kvaliteta lika optičkih sistema pomoću merenja moći razlaganja i utvrđivanja difrakcione lika su uobičajni postupci za proveru kvaliteta optičkih sistema. U pogledu kvalitativnog i kvantitativnog izražavanja određenih nepravilnosti u formiranju lika postoje izvesne teškoće zbog mogućnosti unošenja subjektivne ocene, pa treba težiti primeni metode merenja OTF koja može da utvrdi koji je minimalni nivo detekcije optičkog zračenja i koja je granica razlaganja određenog optičkog sistema. To ima prednosti jer se u procesu projektovanja optičkog sistema može izvršiti niz potrebnih simulacija na računaru za unapred definisane kriterije koji predstavljaju prag za nivo detekcije i granicu razlaganja.

Na osnovu provedenih istraživanja može se zaključiti:

— procenat prolaza zraka kroz optički sistem je vrlo bitan za proračun difrakcione OTF, a posebno geomatrijskog OTF;

— dobro poklapanje obe optičke prenosne funkcije dobija se za osne zrake (sl. 9), dok je za vanosne zrake ($\omega=0.7\omega_{max}$ i $\omega=\omega_{max}$) prisutan znatan uticaj poprečnih aberacija, krivine polja, kao i vinjetiranja sistema, zbog čega dolazi do vidnog odstupanja geomatrijskog od difrakcione OTF i jednog i drugog od očekivane teorijske krive (sl. 10 i 11).

Rezultati proračuna potkrepljuju očekivanja u pogledu dobijanja informacija o kvalitetu lika na osnovama OTF.

Literatura:

[1] J. Mecdoland: The calculation of the optical transfer fuction,
Optica Acta no. 18, 1971.

[2] M. Kidger: The calculation of the optical trasfer fuction using gaussnan quadrature,
Optica Acta vol. 25 no. 8, 1978.

[3] Computer aided optical design,
materijali sa kursa održanog na Imperial College London, 1982.

[4] K. Barnes: The Optical Transfer Fuction,
Adam Hilger London, 1971.

[5] D. Vasilevjić: Prilog optimizaciji projektovanja optičkih sistema pomoću mikroračunara,
Magistarska teza, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.

[6] D. Vasiljević, D. Ridočić: Automatizacija procesa projektovanja optičkih sistema pomoću računara,
VTG no. 1991.

[7] C. Vasiljević, D. Ridošić: Optimizacija u procesu projektovanja optičkih sistema,
NTP no. 2, 1992.

[8] D. S. Volosov: Fotografičeskaja optika,
Iskustvo Moskva, 1971.

[9] V. I. Konolov, A. D. Fedorovskij, G. P. Dubinskij: Optičeski siseimi postroenia izobraženi,
Tehnika Kiev, 1981.

[10] G. Korn, T. Korn: Spravočnik po matematike dlja naučnih rabotnikov i inženerov,
Nauka, Moskva, 1974.

Mr Milovan R. Unković,
dipl. inž.

Testiranje VLSI/ULSI prekidačkih kola

Problem dijagnoze neispravnosti danas je ključni problem u razvijanju novih generacija kola vrlo velikog (VLSI) i ultravelikog (ULSI) stepena integracije. Da bi se ovaj problem uspješno riješio, potrebno je na pravi način definisati: a) strategiju generisanja ulaznog testa; b) strategiju analize odziva sistema, i c) nova pravila sinteze prekidačkih mreža. Klasične metode dijagnoze neispravnosti kod prekidačkih mreža ne mogu uspješno razriješiti strategiju generisanja ulaznog testa i strategiju analize odziva sistema. Samotestiranje VLSI/ULSI prekidačkih kola označava jedinu moguću alternativu, koja rješava i generisanje testova i analizu odziva. Međutim, neki problemi, kao što je računaije pokrivenosti neispravnosti testom, ostaju neriješeni.

Testiranje sekvencijalnih dijelova ULSI/VLSI prekidačkih kola može se riješiti jedino uvođenjem novih metoda sinteze prekidačkih mreža. Ove metode (na primjer, metode skaniranja puta) omogućavaju da se dobijena sekvencijalna prekidačka mreža može lako testirati.

Uvod

Za trideset godina postojanja, dijagnoza neispravnosti kod prekidačkih mreža razvila se u posebnu naučno-tehničku disciplinu. Testiranje prekidačkih mreža je nezaobilazan proces, kako u fazi planiranja i sinteze prekidačkih kola, mreža i sistema, tako i u procesu njihove proizvodnje, eksploatacije, održavanja i popravke. Tradicionalno, proces testiranja prekidačkih mreža sadrži sljedeće faze [1]: 1. modeliranje neispravnosti, 2. generisanje testova, 3. simuliranje neispravnosti, 4. računanje pokrivenosti neispravnosti testom, 5. kontrolu pravila sinteze.

Najveći broj neispravnosti kod prekidačkih mreža su logičke neispravnosti tipa s-a-0/1 (»stuck at 0/1«). Prema ovom modelu neispravnosti, neispravni prosti prekidački element (kombinaciono kolo, I, ILI, NI, NILI, NE) ima fiksiranu vrijednost logičke nule (s-a-0) ili logičke jedinice (s-a-1) na ulaznoj ili izlaznoj liniji. Ostali vidovi neispravnosti kod prekidačkih mreža (neispravnosti kratkog spoja između linija, intermitentne neispravnosti, neispravnosti međusobne osjetljivosti između pojedinih linija dobro se otkrivaju testovima koji se koriste za dijagnosticiranje neispravnosti s-a-0/1. Najznačajniji algoritmi za generisanje dijagnostičkih testova (D-algoritam, PODEM, FAN) bazirani su na metodi osjetljivih puteva. Ulazni test-vektori zajedno sa odzivima sistema formiraju riječnik neispravnosti.

Radi verifikacije generisanog testa, računanja pokrivenosti neispravnosti testom, lokalizacije neispravnosti, pripremanja test-vektora za taster, vrši se simulacija neispravnosti. Simulira se (hardverski i softverski) ispravna mreža i n neispravnih mreža (svaka sa jednom od n mogućih jednostrukih neispravnosti). Simulacija neispravnosti je postupak pomoću kojeg se određuje pokrivenost neispravnosti za određeni skup ulaznih testova. Za prekidačku mrežu od 1000 dvoulaznih prostih prekidačkih elemenata (NI, NILI) broj jednostrukih s-a-0/1 neispravnosti iznosi 6000. S obzirom na postojanje klasa ekvivalentnih neispravnosti, ovaj broj se može umanjiti, na primjer na 3000. Simulacija neispravnosti je proces dovođenja svakog test-vektora na ispravnu mrežu i 3000 kopija mreže od kojih svaka sadrži po jednu jednostruku neispravnost. Vrijeme rada procesora računara koji vrši generisanje testova i simulaciju neispravnosti jednaka je:

$$t = k \times m^3 \quad (k \text{ — const.}) \qquad (1)$$

gdje je m broj osnovnih prekidačkih elemenata u mreži koja se testira.

Pokrivenost neispravnosti testom (fault coverage) jeste odnos neispravnosti koje se mogu detektovati datim testom i svih neispravnosti u prekidačkoj mreži i izražava se u procentima. Ako je procenat s-a-0/1 neispravnosti detektovanih testom ispod 90%, smatra se da pokrivenost neispravnosti testom nije zadovoljavajuća, a ako je procenat otkrivenih neispravnosti kratkog spoja ispod 80%, moraju se dodavati specijalni test-vektori za detekciju ovih neispravnosti.

Proces generisanja testova i simulacije neispravnosti vrlo je težak matematičko-logički problem i za malo složenije kombinacione mreže. Ovaj problem nije ni praktično ni teorijski riješen za sekvencijalne mreže.

Pojavom prekidačkih kola vrlo velikog (VLSI) i ultravelikog (ULSI) stepena integracije, problem testiranja se posebno usložava i to iz sljedećih razloga:

— uslijed velikog broja osnovnih prekidačkih elemenata i spojnih linija između njih, broj mogućih neispravnosti je ekstremno veliki, pa se zahtijevaju testovi sa jako velikim brojem test-vektora;

— pristup na interne komponente i linije ovih kola je bitno ograničen brojem postojećih ulazno-izlaznih pinova;

— uslijed prisustva memorija velikog kapaciteta i programskih logičkih matrica unutar VLSI/ULSI kola, javljaju se novi tipovi neispravnosti;

— korisniku VLSI/ULSI kola najčešće je dostupna samo blok-šema kola na nivou registara, što je nedovoljno za efikasno testiranje.

Posebno treba istaći da složenost VLSI/ULSI kola (broj tranzistora na kristalu ili jedinici zapremine) raste puno brže nego što raste brzina izvršavanja na računarima algoritama za generisanje testova i simulaciju neispravnosti. Novi matematički metodi koji se koriste u fizici (vektorizacija, paralelna obrada) nijesu doveli do bržeg generisanja testova i izvršenja simulacionih programa.

U današnje vrijeme, jedino realno rješenje je sinteza lakoispitljivih prekidačkih mreža. Drugim riječima od prekidačkih mreža se zahtijeva da, pored unaprijed predviđene funkcije, imaju i takvu strukturu koja će biti pogodna za testiranje. To znači da se klasične metode sinteze moraju dopuniti novim elementima, a u nekim slučajevima zamijeniti potpuno novim metodama.

Po Bennetts-u [2] prekidačko kolo je lako ispitljivo ako se procedura generisanja testova, ocjena njihove efikasnosti i realizacija dijagnostike održavaju unutar unaprijed zadanih finansijskih troškova i rashoda vremena.

Takođe, unutar graničnih vrijednosti moraju biti faktori koji ocijenjuju sposobnost sheme da se lako detektuje neispravnost i lokalizuje mjesto neispravnosti (ove faktore predstavljaju, pored ostalih, kvantitavine vrijednosti upravljivosti i observabilnosti).

Uspješno testiranje VLSI/ULSI prekidačkih kola podrazumijeva precizno određivanje sljedećih tačaka [3]:

a) strategiju generisanja ulaznih podataka kojima se kolo testira;

b) strategiju analize odziva kola na ulazne testove;

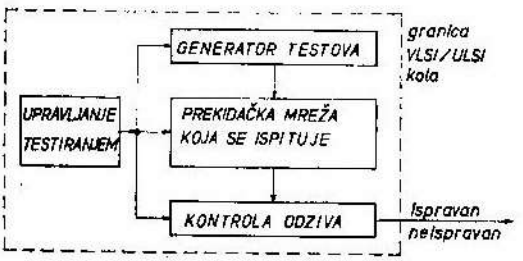
c) razradu metoda sinteze koje će omogućiti lako testiranje kola.

Metode generisanja ulaznih podataka za testiranje VLSI/ULSI prekidačkih kola

Klasične metode generisanja testova i analize odziva za prekidačke mreže vrlo su skupe: tasteri opšte namjene su vrlo skupi uređaji, računarsko vrijeme generisanja testova i posebno simulacije neispravnosti traje danima, pa čak i mjesecima. Pored toga, mora biti prisutna memorija velikog kapaciteta u kojoj su smješteni test-vektori i odzivi sistema. Da bi se prekidačka mreža uspješno testirala preko spoljašnjeg izvora testova, ona mora biti projektovana tako da je njena struktura podesna za testiranje. U ovom slučaju uvi-

jek se računa pokrivenost neispravnosti testom.

Mikroračunari su zbog svoje modularne građe, koja proističe iz magistralne arhitekture, posebno pogodni za testiranje [4], [5]. Test program se uskladištava u jednom od ROM-ova (memorija sa konstantnim sadržajem) zajedno sa odzivima sistema. Pojedinačno se testiraju elementi mikroračunarskog sistema (mikroprocesori, koprocesori, memorije, ulazno/izlazni portovi, i dr.). Poznati uskladišteni odzivi ispravnog modula upoređuju se, sa dobijenim odzivima i, na osnovu toga donosi se odluka da li je pojedina komponenta ispravna ili ne. Kod novih tipova VLSI/ /ULSI kola razvijeni su sistemi sa samotestiranjem pojedinih funkcionalnih dijelova kola ili kola u cjelini. Na sl. 1 data je shema prekidačkog kola sa samotestiranjem. Generator testova i kontrola odziva su dijelovi ULSI/VLSI kola.



Sl. 1 — »Prekidačko VLSI/ULSI kolo sa samotestiranjem«

Generator testova kod prekidačkih kola sa samotestiranjem može biti izveden dvojako, u zavisnosti od toga da li se vrši pseudoslučajno ili potpuno testiranje.

Ukoliko prekidačka mreža ima n ulaza, za njeno potpuno testiranje (dovođenje na ulaze svih kombinacija logičkih nula i jedinica) potrebno je 2^n test-vektora. U većini slučajeva radi se o velikom broju testova, ali se taj broj može smanjiti koristeći pogodne metode sinteze lako ispitljivih prekidačkih mreža. Potpuno testiranje omogućava da se lako izračuna pokrivenost neispravnosti testom. Kao generator test-vektora može se koristiti binarni brojač. Mc Cluskey [6] je pokazao na koji način se može smanjiti broj test-vektora, a da se izvrši potpuno testiranje nekih prekidačkih kola. Na primjer, aritmetičko-logička jedinica (ALU) SN 74181 ima 14 ulaza. Za potpuno testiranje ovog kola potrebno je $2^{14}=16384$ test-vektora. Ako se posmatra logička shema ovog kola, uočavaju se četiri identične submreže sa po šest ulaza, od kojih su četiri ista za sve submreže, a po dva su različita. Preostali dio kola čini zasebnu submrežu sa 10 ulaza. Unoseći na pogodan način multipleksere, kolo se može potpuno testirati sa $1024+32=1056$ test-vektora.

Generator pariteta SN 54/74LS630 ima 23 ulaza i 6 izlaza, ali svaki izlaz zavisi od samo 10 ulaza. Zato je nepotrebno za potpuno testiranje koristiti svih 2^{23} test- vektora. Potpuno testiranje svake izlazne funkcije vrši se koristeći samo one ulaze od kojih dotični izlaz zavisi, a to znači da je potrebno 2^{10} test-vektora, odnosno za kompletno ispitivanje kola SN 74LS630 potrebno je $6\times1024=6144$ test-vektora.

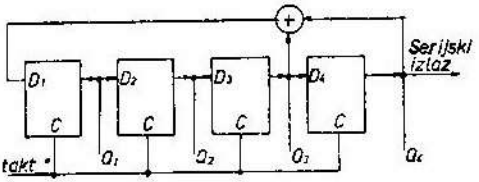
Potpuno testiranje može se koristiti samo kod nekih prekidačkih kola. VLSI/ULSI kola sa samotestiranjem kao izvor testova, uglavnom, koriste generator pleudoslučajnih binarnih brojeva. Generator pseudoslučajnih binarnih sekvenci je linearno sekvencijalno kolo sastavljeno od memorijskih elemenata i mod 2 sabirača. Zapravo, to je linearni pomjerački registar sa povratnim vezama — LFSR (linear feedback shift register), ali bez serijskih ili paralelnih ulaza. Matematičku osnovu za analizu ovih kola daje algebra kodiranja. U ovoj algebri svaki niz binarnih cifara dužine n može se predstaviti vektorom a sa komponentama (a_0, a_1, a_2, ... a_{n-1}) u linearnom vektorskom prostoru Rn. U našem slučaju, linearni vektorski prostor Rn tvori se nad poljem Galua GF(2), pa su i sve operacije koje su definisane u ovom prostoru mod 2. Vektori iz prostora Rn se na drugi način mogu predstaviti kao ele-

menti algebre polinoma Ax sa elementima iz polja Galua GF(2). Na primjer, vektor a=(1, 0, 1, 0, 1) ∈ Rn ekvivalentan je polinomu $a(X)=1+X^2+X^4 \in Ax$.

Svaki LFSR može se predstaviti svojim karakterističnim polinomom. Na primjer, primitivni polinom

$$P(X)=X^4+X+1 \in Ax \qquad (2)$$

opisuje generator pseudoslučajnih binarnih sekvenci sa slike 2. U tabeli 1



Sl. 2 — *»Primjer generatora pseudoslučajnih binarnih brojeva«*

prikazano je 15 različitih test-vektora generisanih prekidačkom mrežom sa ove slike, jasno za zadato početno stanje. Generator pseudoslučajnih testova, koji je predstavljen primitivnim polinomom n-tog reda, generisaće 2^n-1 različitih test-vektora.

Ovaj generator nosi ime pseudoslučajni, jer se testovi ponavljaju poslije navedene periode. LFSR se može lako transformisati u kolo za kontrolu odziva sistema — analizator signature, pa se zato vrlo često koristi u VLSI/ /ULSI kolima.

Pseudoslučajnim testiranjem otkriva se veliki broj neispravnosti u prekidačkim kolima. Svojevremeno je dokazano [7] da je slučajni izbor testova vrlo efikasan za testiranje kombinacionih kola koja nemaju više od sedam nivoa osnovnih prekidačkih elemenata (računar ILLIAC IV). Osnovni nedostatak slučajnog i pseudoslučajnog testiranja je nemogućnost tačnog određivanja pokrivenosti neispravnosti testom.

Analiza odziva sistema

Ukoliko VLSI/ULSI kolo sadrži memoriju sa konstantnim sadržajem (ROM), rječnik neispravnosti može biti uskladišten u djelu ove memorije. Upoređujući dobijene odzive sistema sa is-

Tabela 1

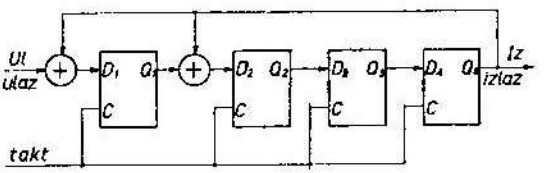
Ciklus	Q1	Q2	Q3	Q4	D1=Q⊕Q4
0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	1
3	1	0	0	1	1
4	1	1	0	0	0
5	0	1	1	0	1
6	1	0	0	1	0
7	0	1	1	1	1
8	1	0	1	0	1
9	1	1	0	1	1
10	1	1	1	0	1
11	1	1	1	1	0
12	0	1	1	1	0
13	0	0	1	1	0
14	0	0	0	1	1
15	1	0	0	0	0

pravnim odzivima smještenim u ROM-u utvrđuje se da li je kolo ispravno ili ne.

Kod kola sa samotestiranjem uglavnom se teži da se dobijeni odzivi sistema predstave u kompaktnoj (sažetoj formi u vidu signature, a zatim se tako dobijena signatura upoređuje sa ispravnom signaturom koja je zapamćena negdje u sistemu. Kod svih metoda analize odziva sistema polazi se od činjenice da su greške koje se javljaju u sekvencama binarnih simbola na izlazima prekidačkih kola posljedica neispravnosti koje se javljaju u ovim kolima.

Mada je teorijski obrađeno više metoda kompaktne analize odziva prekidačkih kola (brojanje prelaza, analiza sindroma, tehnike pariteta) u praksi se najviše koristi analiza signature. Matematičku osnovu analize signature čini algebra kodiranja, jer je analizator signature već pomenuti LFSR. Generator pseudoslučajnih brojeva sa slike 2 lako se pretvara u analizator signature. Samo je potrebno ispred prvog D flip-flopa staviti još jedan mod 2 sabirač (kolo ISKLJUČIVO ILI — EX OR), na čije ulaze dolaze serijski ulaz i linija povratne veze, a izlaz ide na prvi flip-flop. Polinom (2), takođe, opisuje ovaj LSFR. Ekvivalentno kolo pomjeračkom registru sa slike 2 je LFSR na slici 3. Ovo kolo se razlikuje od prethodnog po tome što su ovdje ISKLJUČIVO ILI kola umetnuta u lanac flip-flopova.

Lako se dokazuje da kolo sa slike 3, predstavljeno karakterističnim polinomom $g(x)=1+x+x^4 \in Ax$, zapravo dijeli bilo koji ulazni niz binarnih simbola predstavljenih polinomom sa samim polinomom g(x), a ostatak ovog dijeljenja je upravo tražena signatura [8]. Tabela 2 prikazuje način dijeljenja ulaznog niza binarnih simbola predstavljenih polinomom $a(x)=x^6+x^5+x^4+x+1$ polinomom g(x). Ostatak dijeljenja je signatura predstavljena sa četiri binarne cifre. Za LFSR, sa slike 3, signatura će uvijek biti jednaka četiri cifre, bez obzira na broj binarnih simbola u ulaznom nizu.



Sl. 3 — »Primjer analizatora signature sa serijskim ulazom«

Tačnost metode analize signature je velika. Za ulazni niz binarnih simbola dužine n, pod uslovom da su sve greške podjednako vjerovatne, vjerovatnoća da analizator signature dužine m neće detektovati grešku iznosi:

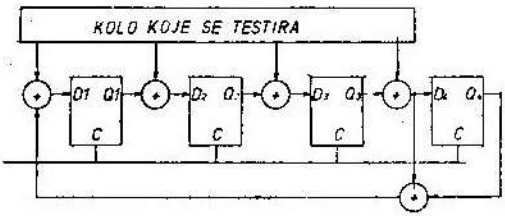
$$\sigma=\frac{2^{n-m}-1}{2^n-1} \qquad (3)$$

Tabela 2

U1	Q1	Q2	Q3	Q4	D1=U1⊕Q4⊕Q3	Iz
1	0	0	0	0	1	k
1	1	0	0	0	1	o
1	1	1	0	0	1	l
0	1	1	1	0	1	i
0	1	1	1	1	0	č
1	0	1	1	1	1	n
1	0	1	1	1	1	i
						k
	1	1	0	1	⟶ ostatak (signatura)	

Za jako veliki broj ulaznih simbola ($n \to \infty$), imamo $\sigma = 2^{-m}$. Za $m=4$ imamo $\sigma = 0{,}0625$, a za $m=16$ $\sigma = 1.526 \times 10^{-5}$.

Do sada smo razmatrali analizatore signature sa serijskim ulazom. Postoje analizatori signature i sa paralelnim ulazima, kako je to pokazano na slici 4. Signatura se na ovom LFSR-u dobija brže nego na onom sa serijskim ulazom.



Sl. 4 — »Primjer analizatora signature sa paralelnim ulazima«

Razmotrimo kolo sa r izlaza i pretpostavimo da su sve greške na ovim izlazima podjednako vjerovatne. Ako se formira signatura od K ulaznih vektora na LFSR-u dužine m, tada je vjerovatnoća da neka greška neće biti detektovana:

$$\sigma = \frac{2^{rK-m}-1}{2^{rK}-1} \qquad (4)$$

Ukoliko je broj ulaznih vektora veliki ($K \to \infty$), opet imamo da je $\sigma = 2^{-m}$. Moramo istaći da kod prekidačkih sistema nisu sve neispravnosti, pa prema tome ni greške u nizovima binarnih podataka, podjednako vjerovatne. Stoga se formule (3) i (4) moraju uzeti sa rezervom, a već su razmotreni i neki modeli međusobno zavisnih grešaka [9].

Metode sinteze lakoispitljivih VLSI/ULSI kola

Često puta i klasične metode sinteze prekidačkih mreža daju neke pogodnosti pri testiranju mreža. Fizička i logička modularnost omogućuju lakšu sintezu prekidačke mreže ili ULSI/VLSI kola, ali omogućuju i brže generisanje testova i simulaciju neispravnosti. Pretpostavimo da se prekidačka mreža sa m osnovnih prekidačkih elemenata podijeli na dva jednaka modula (tj. $m_1 = m_2 = m/2$). Tada koristeći formulu (1), imamo da računarsko vrijeme za generisanje testova i simulaciju neispravnosti iznosi:

$$t = Km_1^3 + Km_2^3 = K(m/2)^3 + K(m/2)^3 = Km^3/4 \qquad (5)$$

što je znatno manje od vremena datog u (1). Već je pomenuto da magistralna arhitektura mikroračunara značajno uprošćava testiranje [10]. Savremena VLSI/ULSI kola imaju internu magistralnu i modularnu strukturu, što omogućava da se pojedini moduli zasebno testiraju. Tipičan primjer je Motorolin mikroprocesor MC 68020 [11].

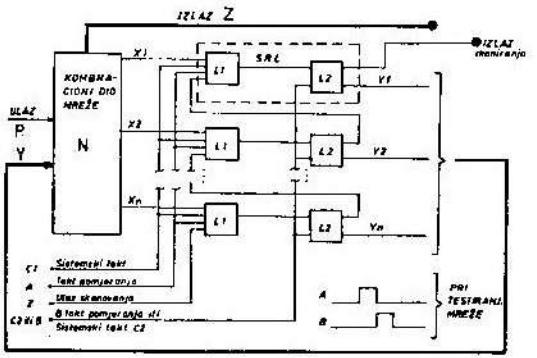
Sva složenija prekidačka kola, a posebno VLSI/ULSI, kola su sekvencijalne prirode, odnosno sadrže memorijske elemente. Već je istaknut problem testiranja sekvencijalnih prekidačkih mreža. Osnovna ideja, istaknuta još 1973. [12], jeste da se pri testiranju svi memorijski elementi u prekidačkoj mreži (kolu) povežu u pomjerački registar. Kombinacioni dio kola se testira zasebno, a pomjerački registar se lako testira naizmjenično nizom binarnih jedinica, a zatim nula. Metode ovog tipa, koje testiranje sekvencionalnih kola prevode u ispitivanje kombinacionih mreža, povezujući sve memorijske elemente u toku testiranja u pomjerački registar, zovu se metode skaniranja.

Najpoznatija metoda skaniranja, koja je postala industrijski standard, jeste IBM-ova metoda LSSD (Level Sensitive Scan Design) [13]. Ova metoda sinteze prekidačkih kola sadrži dva principa:

a) omogućava da sistem radi stabilno, odnosno da se svi prelazi stanja kod memorijskih elemenata izvršavaju u zadanim vremenskim intervalima;

b) obezbeđuje testiranje kola primjenjujući princip skaniranja.

Osnovni memorijski elemenat kola izvedenog LSSD metodom je dvojni flip-flop SRL (Shift Register latch). On se sastoji iz dva memorijska elementa: L1 koji ima ulaze označene sa D, C, I, A i izlaz +L1 i L2 sa ulazima + L1 i B. Izlazi kompletnog SRL-a su + L1 i + L2. SRL ne mijenja stanje dolaskom ulazne ili izlazne ivice ulaznog signala, već nakon uspostavljanja stabilnog nivoa ovog signala. Time se postiže stabilan rad sekvencijalne mreže, odnosno izbjegavaju se fenomeni kao što su hazardi, »trke« i slično. Tako se ostvaruje prvi princip LSSD, a na ovom problemu se nećemo duže zadržavati. Ulazne linije C i D na SRL koriste se u normalnom režimu rada. Dvofazni pomjerački nepreklapajući taktovi A i B koriste se pri testiranju. Kad su ovi taktovi jednaki nuli (normalni režim rada), L1 se ponaša kao običan flip-flop. U slučaju testiranja, kada svi SRL-ovi formiraju pomjerački registar, linija I je ulazna linija, a izlazna je +L2. Povezivanjem izlaza +L2 jednog SRL-a i ulaza I slijedećeg, formira se pomjerački registar.



Sl. 5 — »Sekvencijalno kolo razvijeno metodom LSSD«

Na slici 5 prikazan je izgled sekvencijalnog prekidačkog kola, razvijenog metodom LSSD. Postupak testiranja ovog kola odvija se po sljedećem redosljedu:

1. Nekim od algoritama za generisanje testova za kombinacione mreže odrede se test-vektori za ulaze Y i P kombinacionog dijela kola. N. Da bi se dobio ulaz $Y=\{y_1, y_2, ..., y_n\}$, test-vektore potrebno je serijski uneti preko ulaza skaniranja I, a, zatim koristeći taktove A i B prenijeti na izlaze yi flip-flopova L2. Ovi izlazi formiraju ulaz Y kombinacionog dijela kola N.

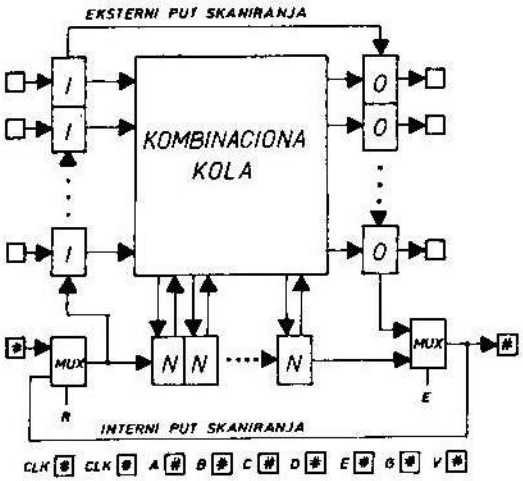
2. Ulazni signali Y i P se propagiraju kroz mrežu N i na izlazu ove mreže dobijamo odzive $Z=\{z_1, z_2, ..., z_p\}$ i $X=\{x_1, x_2, ..., x_p\}$. Izlazi Z su odmah opservabilni, a odzivi X se pomoću takta uskladištavaju u flip-flopove L1.

3. Sadržaj flip-flopa L1 se taktom A prebacuje u flip-flop L2, zatim taktom B iz ovog flip-flopa u flip-flop L1 sljedećeg SRL, itd. Znači, nepreklapajući taktovi A i B omogućavaju da se odzivi sistema kreću prema izlazu skaniranja, gdje se vrši upoređivanje ovih odziva sa uskladištenim odzivima ispravnog sistema.

Pored IBM-a i druge firme su razvile svoje metode skaniranja. Nippon Electric Co. metodu puta skaniranja (Scan Path), Sperry-Univac i Motorola metodu skaniranja i postavljanja (Scan/Set Logic), Fujitsu metodu skaniranja sa slučajnim pristupom (Random Access Scan). Prvo serijski proizvedeno prekidačko kolo opšte namjene koje realizuje princip skaniranja, izradile su firme Advanced Micro Devices (AMD) i Monolitic Memories (MM). Radi se o serijskom pomjeračkom registru Am 29818, odnosno SN 54/74 818.

Tehnike skaniranja olakšavaju testiranje sekvencijalnih kola. Međutim, neki problemi ostaju i dalje neriješeni. Broj test-vektora je znatno smanjen, ali se vrijeme testiranja povećava na račun serijskog skaniranja svakog test-vektora. Složenost spoljnjeg testera može se bitno umanjiti uvođenjem u VLSI/ULSI kola eksternog ili graničnog puta skaniranja [14]. Ovaj put skaniranja formira se pridruživanjem po jednog flip-flopa svakom ulazno-izlaznom (I/O) terminalu. Na slici 6 prikazano je VLSI/ULSI kolo sa eksternim i internim putem skaniranja. Prednosti

VLSI/ULSI strukture sa eksternim lancem skaniranja su: a) nije neophodno u toku testa ispitivati svaki I/O pin, b) veze između modula kola se lako ispituju, c) testiranje se vrši pri normalnoj radnoj brzini kola.



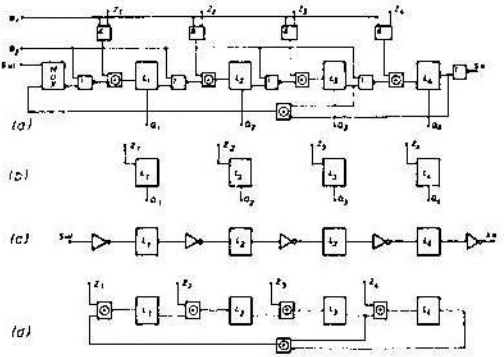
Sl. 6 — »VLSI kolo sa internim i eksternim putem skaniranja«

Slika 6 prikazuje uprošteno 256--pinsko ULSI kolo, pri čemu se testiranje vrši ispitujući samo 13 pinova označenih sa # (na slici ih je prikazano 11) [6]. Sedam pinova se koristi samo za potrebe testiranja (dva za takt, tri za izbor vrste rada, pin za ulaz testiranja i pin za izlaz testiranja). Ostali pinovi koji se ispituju su: napajanje, masa i četiri sistemska takta.

Posebna grupa inženjera koja se bavi testiranjem VLSI/ULSI integrisanih kola predložila je granično skaniranje kao standard, što je IEEE (američko udruženje inženjera i tehničara) usvojila pod oznakom P1149.1 [14].

Modularna struktura VLSI/ULSI kola često podrazumijeva da svaki modul ima svoj ulazni i izlazni registar [15]. Ukoliko to nije slučaj, za svrhe samotestiranja ovi registri se mogu dodati. Registri opšte namjene mogu se lako pretvoriti u generator pseudoslučajnih testova (ako je na ulazu modula) ili analizator signature (na izlazu modula), pa se tako ostvaruje testiranje svakog modula VLSI/ULSI kola zasebno. Navedeni vid samotestiranja izveden je kod bipolarnog sekcijskog mikroprocesora AMD 2901 i posignuta je pokrivenost neispravnosti testom od 96,3% nakon 1000 ciklusa takta.

Na ovu navedenu tehniku testiranja podsjeća i tehnika BILBO (built-in logic block observation) [16]. Na slici 7a) prikazan je četvorobitni BILBO registar. Ulazni signali B1 i B2 određuju način rada registra, Sul je ulaz skaniranja, Siz je izlaz skaniranja, Zi (i=1, 2, 3, 4) su paralelni ulazi, a i(i=1, 2, 3, 4) su paralelni izlazi. Li (i=1, 2, 3, 4) su flip-flopovi koji formiraju četvorobitni registar.

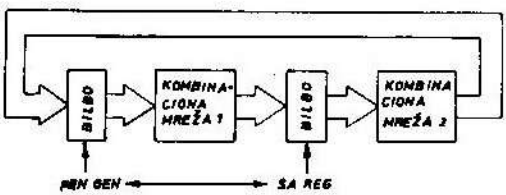


Sl. 7 — »Razne konfiguracije BILBO registra«

BILBO registar posjeduje četiri načina rada. U osnovnom sistemskom načinu rada signali B1 i B2 imaju binarne vrijednosti 11. Ulazi Zi se usklađištavaju u flip-flopove Li i izlazne vrijednosti su prisutne na Qi (slika 7b). To je normalan rad registra. Kad je B1 B2 jednako 00 (slika 7c), flip-flopovi su serijski povezani preko invertora u put skaniranja. Povezujući više ovakvih registara dobija se forma slična LSSD. Treći način rada BILBO registra je kad je B1 B2 jednako 10 (slika 7d). U ovom načinu rada BILBO dobija osobine linearnog pomjeračkog registra sa povratnim vezama, odnosno, radi se o

analizatoru signature sa paralelnim ulazima. Ovo se kolo takođe može koristiti kao generator pseudoslučajnih testova. Četvrti način rada BILBO registra (B1 B2 = 01) označava resetovanje registra.

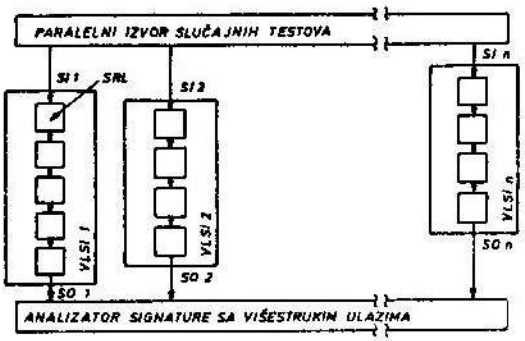
Unutar VLSI/ULSI kola BILBO registri se koriste u konfiguraciji prikazanoj na slici 8. Uz svaki BILBO registar nalazi se kombinaciona mreža. U normalnom režimu rada BILBO registri se koriste kao sekvencijalni dio prekidačkog kola. Kada se vrši testiranje kombinacione mreže 1, lijevi BILBO registar se koristi kao izvor pseudoslučajnih testova. Odzivi kombinacione mreže 1 obrađuju se u desnom BILBO registru koji je u konfiguraciji analizatora signature. Nakon procesiranja tačno određenog broja testova, dobija se konačna signatura u desnom BILBO registru. Ovaj registar sada se pretvara u registar sa putem skaniranja, te se signatura serijski pomjera na izlaz BILBO registra gdje se može opservirati. Kombinaciona mreža 2 prekidačkog kola testira se na isti način kao i kombinaciona mreža 1, ali prethodno lijevi i desni BILBO registar zamjene svoje funkcije.



Sl. 8 — »Testiranje VLSI/ULSI kola koristeći BILBO registre«

BILBO tehnika riješava problem generisanja testova i simulacije neispravnosti kod prekidačkih kola, posebno ako je kombinacioni dio kola pogodan za testiranje slučajnim testovima. Ova tehnika, takođe, riješava problem broja testova, jer, na primjer, ranije navedene tehnike skaniranja zahtijevaju veliki broj testova koji se pomjeraju duž puta skaniranja. Međutim, BILBO tehnika zahtijeva veći broj osnovnih prekidačkih vrata za svoju sopstvenu sintezu nego, na primjer, LSSD metoda.

Jedan od krajnjih savremenih dometa razvoja ispitljivih VLSI/ULSI prekidačkih kola je kombinacija samotestiranja i metoda skaniranja. VLSI/ULSI kolo se konstruiše kao LSSD mreža koja je lakoispitljiva pseudoslučajnim test-vektorima. To podrazumijeva da u kolu postoji generator pseudoslučajnih testova. Pored internog puta skaniranja, u mreži postoji eksterni put skaniranja. Izlaz skaniranja iz ovog graničnog puta skaniranja je ulaz u analizator signature. Izlaz iz graničnog (eksternog) puta skaniranja ide izvan VLSI/ULSI kola i uskladištava se, gdje se kasnije vrši analiza odziva sistema da bi se izvršila dijagnoza neispravnosti. Sličan navedenom principu sinteze lako ispitljivih VLSI/ULSI jeste princip prikazan na slici 9, poznat kao STUMPS tehnika [4].



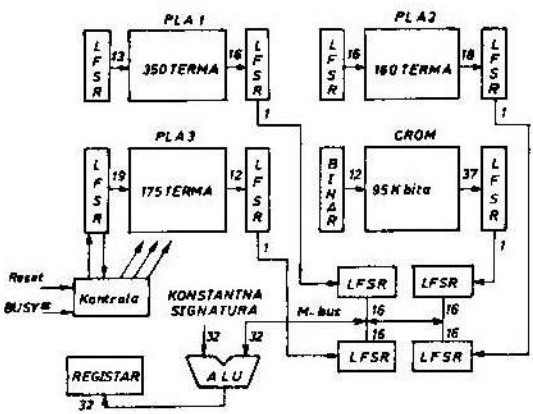
Sl. 9 — »Kombinacija samotestiranja VLSI/ULSI kola i LSSD metode«

Više (n) VLSI kola imaju LSSD strukturu. Za sva ova kola zajednički je paralelni izvor slučajnih testova. Takođe je zajednički analizator signature sa višestrukim ulazima. Jasno je da se na ovaj način utvrđuje ispravan rad čitavog sistema, a ne pojedinih VLSI prekidačkih kola. To je, takođe, jedan od načina kombinovanja samotestiranja prekidačkih kola i sinteze istih sa putem skaniranja.

Primjer testiranja VLSI prekidačkog kola

Za primjer testiranja VLSI/ULSI pruekidačkih kola navesti ćemo poznati INTEL-ov mikroprocesor 80386 [18]. Ovaj 32-bitni mikroprocesor podržava upravljanje memorijom, što podrazumijeva straničnu organizaciju memorije, segmentiranje i virtuelni adresni prostor. Mikroprocesor omogućava protočno izvršenje instrukcija. Sadrži 285.000 tranzistorskih mjesta, od kojih se koristi 181.000. Pakovan je u 132-pinskom keramičkom kućištu. Detaljan opis arhitekture mikroprocesora dat je u [18].

Jedan dio mikroprocesora ispituje se samotestiranjem, dok su drugi dijelovi konstruisani tako da se mogu lako testirati. Centralni dio mikroprocesora predstavljaju tri programske logičke matrice (PLA1, PLA2 i PLA3) i memorija sa mikroprogramima — upravljačka memorija (CROM). Ova četiri modula mikroprocesora 80386 ispituju se samotestiranjem. Na slici 10 pokazano je na koji način se vrši testiranje ova



Sl. 10 — »Blok shema samotestiranja kod mikroprocesora 80386«

četiri modula. Uz svaku PLA postoji ulazni pomjerački registar sa povratnim vezama — LFSR, koji ima ulogu generatora pseudoslučajnih testova i izlazni LFSR koji se koristi kao analizator signature. Za CROM generator testa je binarni brojač (koji se, inače, koristi i u normalnom radu), a analizator odziva je LFSR. Sva četiri analizatora signature su sa paralelnim ulazima i serijskim izlazom. Izlaz iz svakog analizatora signature povezan je sa po jednim LFSR-om koji se nazivaju akumulacionim registrima.

Samotestiranje mikroprocesora se inicira kad je signal BUSY# niskog nivoa (u toku reseta). Trajanje samotestiranja iznosi 512 K ciklusa, jer najveća PLA ima 19 ulaza ($2^{19}=512$ K). Samotestiranje se prekida kad najveća PLA detektuje povratak na startnu vrijednost svog generatora pseudoslučajnih testova. Četiri pomenuta akumulaciona registra spajaju se u dva 32-bitna registra. Pod upravljanjem specijalnog mikroprograma aritmetičko-logička jedinica (ALU) izvršava ISKLJUČIVO ILI funkciju nad sadržajem jednog 32-bitnog registra, drugog 32-bitnog registra i konstantne signature uskladištene u mikroprocesoru, a koja je dobijena kao rezultat simuliranja ispravne jedinice. Ako su ispitivani moduli ispravni, rezultat navedene operacije su sve logičke nule. Konačna signatura smješta se u EAX registar, a sadržaj ovog registra je dostupan korisniku u toku reset rutine.

Na nivou mikroprocesora, procenat tranzistora koji su podvrgnuti samotestiranju iznosi 36,3%. Svi navedeni testovi izvode se pri punoj radnoj brzini sistema, pa se, prema tome, mogu detektovati i određene vremenske anomalije u sistemu. Ukupno povećanje radne zapremine pojedinih modula na račun uvođenja logike samotestiranja iznosi 5—12%. Izuzetak je PLA 3, gdje je povećanje radne zapremine 25%, jer je tu uključena logika koja određuje kraj samotestiranja.

U mikroprocesoru je na originalan način riješena sinteza, ali i testiranje bafera za translaciju adresa (translation lookaside buffer — TLB). TLB modul je proširen sa dva registra: upravljačkim registrom TR6 i registrom poda-

taka TR7. U ove registre može se pristupiti koristeći dvije naredbe koje su dostupne korisniku: »write new TLB entry« i »perform new TLB entry«. Ove dvije naredbe omoguaćvaju kompletno testiranje TLB modula.

Sljedeća pogodnost pri testiranju preostalog dijela mikroprocesora je mogućnost čitanja i upisivanja u većinu postojećih registara. Ovi registri su ili dostupni korisniku ili se njihov sadržaj može kontrolisati mikroprogramom. Time se omogućava testiranje svakog od registara ponaosob.

Preostali dio kola testira se eksternim testovima. Problem ovakvog kombinovanog testiranja je tačno izračunavanje pokrivenosti neispravnosti testom. U početnoj fazi sinteze mikroprocesora razmatrala se mogućnost kompletnog samotestiranja jedinice. Međutim, to je dodatno usložilo proces sinteze, pa se od te zamisli odustalo. Pristupilo se izradi simulatora, ali i tu su postojale dileme. Softverska simulacija jedinice na nivou osnovnih prekidačkih elemenata preko simulatora MOSSIM zahtijevalo je skoro 100 dana rada procesora računara IBM 3090. Verzija navedenog simulatora sa simulacijom neispravnosti (FMOSSIM) tražila je sto puta više vremena od simulatora MOSSIM. Zato se odustalo od softverske simulacije mikroprocesora 80386 i neispravnosti na njemu. S druge strane, statističko modeliranje i simulacija su još u potpunosti neverifikovana tehnika, a i jako je skupa.

Simulacija neispravnosti za 80386 izvršena je uz pomoć hardverskog simulatora — modela SSM1000 (Silicon Solutions Mach 1000 fault). Neispravnosti s-a-0/1 tipa umeću se u navedeni model i vrši se izbor testova za svaku neispravnost. Nakon injektiranja neispravnosti u svaki modul mikroprocesora, dobijen je test koji ima 10^6 test-vektora. Utvrđujući procenat neotkrivenih neispravnosti testom od preko 99%.

Zaključak

Problem dijagnoze neispravnosti kod VLSI/ULSI prekidačkih kola predstavlja glavni problem u daljnjem razvoju mikroelektronike. Uprkos jakih otpora rukovodećih garnitura u firmama — proizvođačima VLSI/ULSI kola, konstruktori prekidačkih kola su uspjeli da dijagnozi neispravnosti obezbijede ravnopravan položaj u smislu obezbjeđivanja sredstava koja se troše na ukupnu sintezu i proizvodnju. Utvrđena je neosporna ekonomska dobit koja se ostvaruje sintezom dodatne logike koja omogućava uspješno testiranje.

Tradicionalne metode sinteze prekidačkih mreža zamjenjuju se novim metodama koje omogućavaju da se dobije kolo koje, ne samo izvršava zadanu funkciju, već ima strukturu podesnu za testiranje. Jedan pravac ide prema sintezi potpuno samotestirajućih VLSI/ULSI kola. Drugi pravac, preko metoda skaniranja, omogućava riješavanje testiranja sekvencijalnih dijelova VLSI/ULSI kola. Danas su već razrađeni teorijski modeli kombinacije ove dvije metode sinteze. Ubrzo možemo očekivati pojavu ovakvih prekidačkih kola opšte namjene.

Literatura:

[1] Mucheldorf I. E, Savkar A. D.: »*LSI Logic Testing — An Overview*«
IEEE Transanctions on Computers, Vol. C-30, No. 1, 1981.

[2] Bennetts R. G.: »*Design of Testable Logic Circuits*«
Addison — Wesley Publishing Company, Reading, USA, 1984.

[3] Mc Cluskey J. E.: »*Built — In Self — Test Techniques*«
IEEE Design & Test of Computers, April 1985, Str. 21—28.

[4] Williams W. T.: »*VLSI Testing*«
Computer, October 1984.

[5] Williams W. T., Parker P. K.: »*Design for Testability — A Survey*«
IEEE Transactions on Computers, Vol. C-31, No. 1, 1982.

[6] Mc Cluskey J. E: »*Built — in Selt — Test Structures*«
IEEE Design & Test of Computers, April 1985.

[7] Agrawal D. V., Agrawal P.: »*An Automatic Test Generation System for ILLIAC IV Logic Boards*« IEEE Transaction on Computers, Vol. C-24, No. 9, 1972.

[8] Unković M.: »*Efikasnost analize signature u odnosu na model nezavisnih grešaka*«
Vonjotehnički glasnik, br. 2, 1989.

[9] Unković M.: »*Efikasnost metode analize signature u odnosu na model paketnih grešaka*«
Naučno-tehnički pregled, Vol. XL, br. 3, 1990.

[10] Haues P. J., Mc Cluskey J. E.: »*Testability Consideration in Microprocessor — Based Design*«
Computer, Vol. 13. No. 3, 1980.

[11] Kuban R. J., Salick E. J.: »*Testing Approaches In the MC68020*«
Proceedings of the 1984 Internal Test Conference, Philadelphia, 1984.

[12] Williams J. Y. M., Angel B. J.: »*Enhancing Testability of Large — Scale Integrated Circuits via Test Point and Additional Logic*«
IEEE Transactions on Computers, Vol. C-22, No. 1, 1973.

[13] Eichelberger B. E., Williams W. T.: »*A Logics Design for LSI Testability*«
J. Design Automat. Fault Tolerant Comput, Vol. 2, May 1978.

[14] Parker P. P.: »*The Impact of Boundary Scan on Board Test*«
IEEE Design & Test of Computers, August 1989.

[15] Konemann B., Mucha J., Zwiehoff G.: »*Built — In Test for Complex Digital Integrated Circuits*«
IEEE Journal of Solid — State Circuits, Vol. SC-15, No. 3, 1980.

[16] Fasang P. P.: *Circuit module implements practical Self-Testing*«
Electronics, May 19., 1982.

[17] Gloster S. C., Brglez F.: »*Boundary Scan with Built — In Self — Test*«
Design & Test of Computers, February 1989.

[18] Gelsinger P. P.: »*Design and Test of the 80386*«
IEEE Design & Test, June 1987.

[19] Turino J.: »*Circuit Testability is Critisal for Product Success*«
EDN, September 1988.

Nikola Nikolić,
dipl. inž.

Algoritam rada višekanalnog punjača Ni-Cd akumulatora sa mikroprocesorskom kontrolom

Problem pouzdanog određivanja završetka punjenja Ni-Cd akumulatora naročito je izražen kada se u procesu punjenja koriste ubrzani režimi. Mikroprocesorski kontroler, numeričkom obradom izmerenih veličina: struje punjenja i napona akumulatora, izračunava relevantne električne parametre i prati njihovu relativnu promenu. Punjenje se prekida u trenutku kada je potrebna većina parametara dostigla postavljeni kriterijum za postizanje punog kapaciteta napunjenosti.

Uvod

Problem kvalitetnog punjenja Ni-Cd akumulatora, naročito ako se zahtevaju ubrzani režimi punjenja, u vezi je sa izborom optimalne metode punjenja i adekvatnim postupkom određivanja kraja punjenja. Prema načinu punjenja generalno razlikujemo sledeće metode punjenja:

— metodu punjenja stalnom strujom (I-metoda);

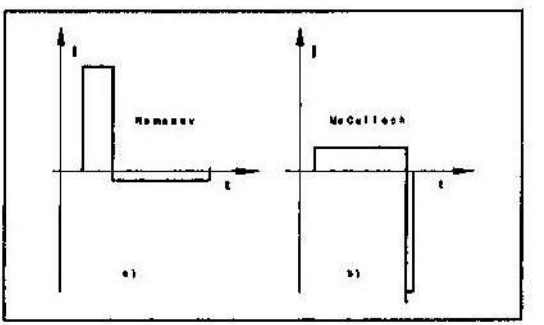
— metodu punjenja stalnim naponom (U-metoda);

— metodu impulsne struje (periodični unipolarni impulsi);

— metodu reverzibilne struje (asimetrični bipolarni impulsi).

Metode punjenja stalnom strujom i stalnim naponom često se kombinuju radi poboljšanja karakteristika punjenja. Najpoznatije kombinacije su UI i IU metode čija primena zavisi od eksploatacionih i električnih karakteristika punjača i akumulatora. Za ubrzane režime razvijena je složena varijanta »IIU« metode, poznatija kao metoda stepenaste struje. [1] U poslednje vreme kod brzih punjača dominira primena metoda reverzibilnim strujama.

Najpoznatije metode za brzo punjenje impulsima asimetrične reverzibilne struje punjenja, a ujedno i ekstremno različiti su metod Romanova i metod McCulloch. Talasni oblici struje, koji se odnose na ova dva metoda, prikazani su na slici 1.



Sl. 1 — Struje punjenja kod asimetričnih metoda

Metoda Romanova se zasniva na relativno kratkom impulsu struje punjenja dosta velike amplitude i znatno dužem negativnom impulsu struje, male amplitude. Kod metode McCulloch, pozitivni impuls struje je manje amplitude, ali dužeg trajanja, dok je negativni impuls vrlo kratkog trajanja i vrlo velike amplitude.

Ako se analiziraju obe metode na akumulatorima istog tipa, u istom režimu punjenja (približno iste srednje vrednosti struje), dolazi se do zaključaka da se, iako na prvi pogled ove dve metode nemaju nikakvih sličnosti, ipak mogu generalno uočiti neke zajedničke osobine. Ukupne protekle količine elek-

triciteta Q=I*t u intervalima pozitivnih impulsa se neznatno razlikuju. Drugim rečima, uložena je skoro ista energija W=Q*U. Upoređenjem talasnih oblika struje, sa slike 1, može se pokazati da su i energije negativnih impulsa približno jednake i da prema energiji pozitivnog impulsa stoje u vrlo sličnom odnosu, kod obe metode.

Kako je efikasnost punjenja ovih metoda približno ista, to se nameće zaključak da oblik strujnih impulsa nema dominantan uticaj, pa se u praksi, kod današnjih brzih punjača, koriste modifikovane varijante, a često i kombinacije ove dve metode. Pored toga, neki autori navode da promena učestanosti reverzibilne struje (25 do 2000 Hz) ne bi trebalo da ima uticaja na efikasnost punjenja kod hermetizovanih akumulatora. [2]

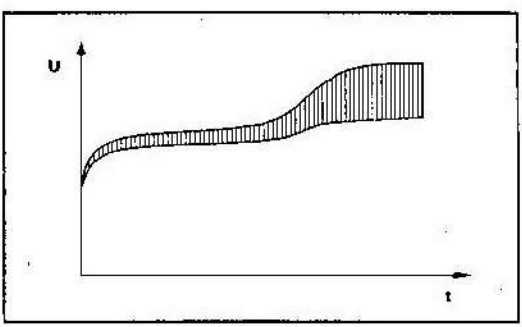
Problematika određivanja kraja punjenja

U toku punjenja, kao što je poznato, dolazi do promene većine parametara, pre svega pritiska, temperature, impedanse i ostalih električnih karakteristika akumulatorske ćelije. Danas se, i pored relativne pouzdanosti koju pruža u određivanju kraja punjenja, napušta praćenje »neelektričnih« parametara (pritiska i temperature). Razlozi su evidentni: zahtevi za specijalnom konstrukcijom akumulatorskih baterija, ugradnja senzora, nestandardne konstrukcije baterija, specijalni neuniverzalni punjači. [7] Optimalno je da se kod punjača kojim bi se punile standardne akumulatorske baterije, algoritam za određivanje kraja punjenja zasniva na praćenju promena električnih parametara, jer se sva merenja vrše preko pristupnih tačaka na klemama, bez potrebe za ugradnjom mernih senzora.

Značaj pouzdane detekcije kraja punjenja ogleda se, pre svega, u očuvanju kapaciteta i veka trajanja akumulatora. Metode za određivanje dostignutog željenog kapaciteta napunjenosti ograničene su promenama apsolutnih i relativnih veličina, u zavisnosti od varijacije spoljnih parametara, kao što su: promena temperature okoline, tehnološka starost akumulatora, nivo napunjenosti pre početka punjenja, i sl. Stoga se predloženi algoritam pri definisanju kriterijuma za kraj punjenja zasniva isključivo na relativnim promenama električnih parametara.

U toku procesa punjenja reverzibilnom strujom karakteristične su promene sledećih parametara: gradijent porasta maksimalne vrednosti napona, promena električne impedanse, odnosno dinamičke električne otpornosti, gradijent promene napona u okviru periode strujnog impulsa, promena relativne razlike maximalne i minimalne vrednosti napona u okviru periode strujnog impulsa, relativni porast apsolutne vrednosti napona.

Na slici 2 mogu se uočiti karakteristične promene gradijenta maksimalne vrednosti napona, ukoliko se posmatra gornja anvelopa.



Sl. 2 — Opseg promena trenutnih vrednosti napona Ni-Cd akumulatora pri punjenju reverzibilnom strujom

Takođe se na istoj slici jasno može uočiti karakterističan porast, odnosno, promena relativne razlike maksimalne i minimalne vrednosti napona akumulatora pri punjenju usvojenom metodom.

Što se tiče detekcije promene impedanse, odnosno njenog karakterističnog dela, električne dinamičke ekviva-

lentne otpornosti, ona se može dobiti jednostavnim aritmetičkim izračunavanjem. Ukoliko se usvoje pretpostavke da se u toku trajanja jedne periode strujnih impulsa promene elektromotorne sile i ekvivalentne dinamičke otpornosti mogu zanemariti, važiće relacija:

$$Re = (Umax — Umin) / (Ipu — Ipr),$$

gde se do razlike napona lako dolazi, a razlika između struja (punjačko-pražnjačkih impulsa) unapred je zadata konstanta, zavisna samo od izabranog algoritma punjenja.

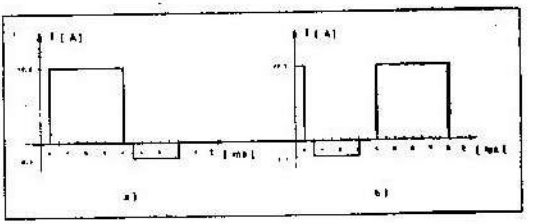
Pouzdanost metode se u znatnoj meri povećava, ako se kao kriterijum za završetak punjenja usvoji ispunjenje postavljenih graničnih vrednosti kod većine usvojenih parametara, jer se time uticaj slučajnih grešaka minimizira.

Koncepcija mikroprocesorskog kontrolera

Očigledna je prednost korišćenja mikroprocesora za realizaciju punjača koji bi koristio predloženi algoritam rada. Mikroprocesorski kontroler omogućava istovremenu kontrolu više kanala za punjenje, potpunu kontrolu oblika strujnih impulsa, a idealan je za numeričku obradu rezultata merenja napona, odnosno izračunavanje električnih parametara akumulatora.

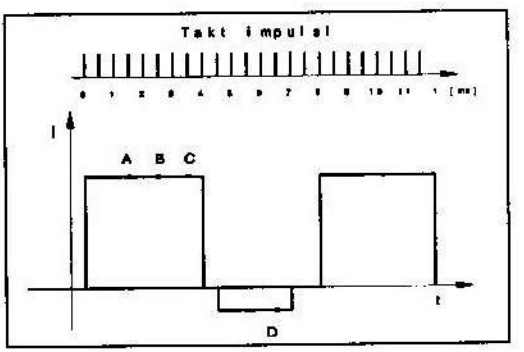
Najznačajnija prednost jeste što se izborom odgovarajućeg inicijalnog algoritma može približno steći uvid u stanje akumulatora koji je stavljen na punjenje. Kada se automatski izvrši startno dozirano punjenje i kratkotrajno kontrolisano pražnjenje, na bazi praćenja ponašanja akumulatora, odnosno promene parametara, može se približno zaključiti da li je u pitanju potpuno prazan, delimično ili sasvim napunjen akumulator. Pored toga, u toku inicijalnog testiranja u memoriji kontrolera ostaju početne vrednosti električnih parametara, kao i postavljene granične vrednosti koje kasnije, u toku punjenja, treba dostići. Na taj način se u znatnoj meri eliminiše uticaj disperzije električnih karakteristika akumulatora, u zavisnosti od temperature ambijenta, tehnološke starosti i proizvodnog tipa akumulatora.

Na slici 3 prikazan je usvojeni oblik strujnih impulsa za dva komplementna kanala.



Sl. 3 — Oblik strujnog impulsa jedne periode asimetrične struje:
a) prvi kanal, b) drugi kanal

Usvojeni algoritam punjenja ima optimalno energetsko iskorišćenje strujnog izvora, koji polovinu periode predaje energiju jednom kanalu, a u sledećoj poluperiodi drugom. Broj komplementarnih kanala (parova) zavisi od mogućnosti mikroprocesora, brzine i memorijskog kapaciteta, a u konkretnom slučaju realizovano je 6 kanala.



Sl. 4 — Jedna perioda punjačko-pražnjačkih impulsa sa sinhronizacionim takt-impulsima (TI)

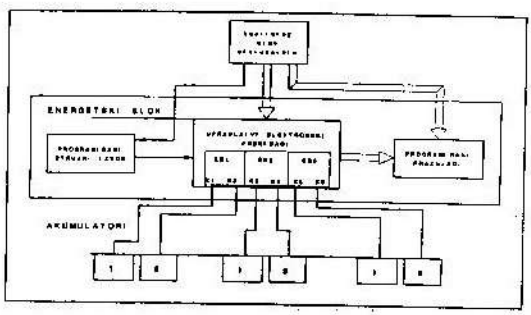
Na slici 4 prikazani su trenuci kada se vrši odmeravanje trenutnih vrednosti napona akumulatora koje se ko-

riste u numeričkoj obradi za dobijanje električnih parametara. Radi povećanja tačnosti merenja i eliminacije eventualnih smetnji, u toku merenja se vrše usrednjavanja dobijenih rezultata. Broj merenja je 16 (zbog lakog binarnog deljenja radi usrednjavanja) .

Pored toga, veliki broj dobijenih rezultata merenja, s obzirom na osnovnu učestanost 125 Hz, omogućava da se dostizanje odgovarajućeg graničnog uslova proveri N puta uzastopno (8 ili 16), čime se dodatno povećava pouzdanost opisanog algoritma.

Konkretna realizacija mikroprocesorskog kontrolera

Za potrebe istraživanja, mikroprocesorski kontroler je modifikovan tako da, pored osnovne funkcije BRZOG PUNJENJA Ni-Cd hermetizovanih akumulatora, u konkretnom slučaju kapaciteta 4 Ah (napon nije bitan, jer se posmatraju relativne promene parametara), kontroliše i funkcnju kontrolisanog pražnjenja. Blok,šema je prikazana na slici 5.



Sl. 5 — Blok-šema sistema za ciklusiranje Ni-Cd akumulatora

Na dva kanala se vrši brzo punjenje, na sledeća dva kontrolisano pražnjenje, a preostala dva su na relaksaciji. Ukratko rezervisano vreme po svakoj funkciji iznosi po 2 sata, tako da je perioda ciklusiranja 6 sati. Prosečno punjenje traje oko 40 minuta s obzirom na srednji režim 2C, a pražnjenje se vrši sa 0,5C. Ostalo vreme su baterije na relaksaciji.

Merenje primljenog, odnosno predatog kapaciteta akumulatora vrši se posredno, određivanjem proteklog vremena punjenja, odnosno pražnjenja akumulatora. Množenjem sa odgovadajućim konstantama dobijaju se vrednosti Cpu i Cpr, izražene u ampersatima (Ah).Ovi rezultati smeštaju se na odgovarajuće memorijske lokacije, koje se mogu pozvati sa tastature i prikazati na displeju. U memoriji su sačuvani podaci poslednjih 48 ciklusa.

Prilikom realizacije korišćen je mikroprocesor Z80 sa pratećim kolima iz iste serije Z80 PIO i Z80 CTC. Mikroprocesor komunicira sa: EPROM-om, RAM-om 4K, tastaturom, displejom, A/D konvertorom preko Z80 PIO i upravljačkim kolima svih kanala preko multipleksera. Merenje trenutnih vrednosti napona vrši se A/D konvertorom koji se priključuje preko PIO čipa na magistralu podataka, a izbor kanala se vrši preko dva multipleksera, tako da je pristup omogućen na oba kraja akumulatora. To je učinjeno da bi se eliminisao uticaj padova napona po energetskim provodnicima.

Izabrana je učestanost osnovnog takta od 2 MHz, što odgovara tipu mikroprocesora i obezbeđuje normalno odvijanje opisanog procesa. Realizovani uređaj pruža mogućnost da se izmenom implementiranog softvera provere i drugačije metode i algoritmi za brzo punjenje akumulatora.

Zaključak

Osnovni uzrok skraćenja veka trajanja akumulatora je neadekvatno održavanje, odnosno često preterano prepunjavanje, čime se menja tehnološko-hemijska struktura akumulatorskih ćelija. Opisani algoritam rada omogućava brzo punjenje standardnih NiCd akumulatora bez potrebe za korišćenjem dodatnih senzora, pri čemu se

ključni problem određivanja kraja punjenja rešava analizom isključivo električnih parametara. Pouzdanost algoritma obezbeđena je statističkom obradom više električnih parametara istovremeno, čime se isključuje mogućnost pogrešnog određivanja kraja punjenja pod uticajem eventualnih smetnji ili šumova. Brzina mikroprocesora omogućava kontrolu velikog broja kanala istovremeno, jer su promene električnih parametara relativno spore u odnosu na moguće brzine obrade podataka mikroprocesora. Cene mikroproceosrskih kontrolera, sa sadašnjim trendom daljeg pada, diktiraju njihovu široku primenu čak i u oblastima u kojima je dosad bila primenjivana isključivo klasična tehnika, kao što je slučaj pri punjenju akumulatora.

Literatura:

[1] NIKEL-CADMIUM BATTERY APPLICATION ENGEIEERING HADBOOK
— GENERAL ELECTRIC.
[2] INVESTIGATIONS OF CHARGING METODS FOR NICKEL-CADMIUM BATTERIES
— Battery charging sesion, Otto C. Wagner.
[3] FAST Ni-Cd CHARGER
— Wireless World Design, Richard Lambley.
[4] IMPEDANCE OF THE SINTERED NICKEL POZITIVE ELEKTRODE
— R. T. Barton, M. Hughes. S. A. G. R. Karanathilaka, N. A. Hampson.
[5] PUNJENJE HERMETIČKIH Ni-Cd
— Simičić Miloš.
[6] ELABORAT: BRZO PUNJENJE Ni-Cd AKUMULATORA
— Dr. Kosta Popov.
[7] FAST CHARGING SYSTEMS FOR Ni-Cd BATTERIES
— Motorola AN-447.

Mr Dragoljub Đokić,
dipl. inž.

Osnovne aktivnosti za proveru pouzdanosti softverskog koda

U radu je dat istraživački i inžinjerijski pristup tehnologiji ostvarivanja zahtevane pouzdanosti solfvera, u fazi provere ili dinamičkog testa pouzdanosti programa, a razvrstan je na bazi predloga kompletne strukture sa osnovnim aktivnostima ispitivanja. Pomoćno softversko okruženje ispitnih aktivnosti predstavljeno je idejno. Analizirani su uslovi i mogućnosti tehničke pripreme i provođenja ispitivanja pouzdanosti softvera.

Uvod

Softverski algoritam, ili, u tradicionalnom izražavanju, računarski program, proizvod je iz određene faze životnog veka softvera, koji se, ponekad, može prihvatiti kao prototip datog softverskog sredstva. Kraće, najčešće se govori o softverskom kodu (kao u naslovu) ili programu kao softverskom proizvodu. Formiran softverski kod, u izvornom ili mašinskom kodu (programskom jeziku), već može da bude podvrgnut eksperimentalnom ispitivanju dinamičkog karaktera u pogledu provere njegove pouzdanosti. Ako je ovo ispitivanje deo konstruktorskih ili prijemnih ispitivanja TMS, može se smatrati dinamičkim testom. Analogno poznatim i standardizovanim postupcima provere pouzdanosti uređaja [1], mogu da se definišu osnovne aktivnosti za dinamičku proveru pouzdanosti softverskog koda ili programa. Pouzdanost je, uostalom, dinamičko svojstvo svakog TMS, jer se definiše u vremenskoj bazi za određene uslove eksploatacije, pa je i njena provera takvog karaktera.

Zahtevi u vezi pouzdanosti softvera mogu da potiču iz oblasti elemenata kvaliteta ili ITOb-a softvera [2, 3], odnosno TMS. Kompromis su želja (potreba) i raspoloživih podataka (mogućnosti) pri ugradnji pouzdanosti softvera i sistema. Zavisno od namene softvera, mogu da budu iskazani kao parametri srednjeg vremena do (između) otkaza ili učestanosti otkaza, ili preko uspešnosti funkcionisanja (funkcije pouzdanosti). Inače, pouzdanost softvera ima istu teorijsku osnovu kao i pouzdanost drugih TMS. Razlika je najčešće u mehanizmu nastajanja otkaza, gde se nedostatak, koji može da bude uzrok slučajnog otkaza softvera, pripisuje čoveku i raspoloživoj tehnologiji i tehnici izrade. Osnovne aktivnosti za proveru pouzdanosti softverskog koda, koje se dalje razmatraju, predmet su originalnog Plana i programa provere pouzdanosti softvera.

Softverski otkazi

Registrovanje fenomena otkaza tokom dinamičkog testa omogućava dobijanje podataka za donošenje odluke: da li produžiti eksperimente, da li odbaciti ili da li prihvatiti ispitivani softverski proizvod. Prema terminologiji poznatih standarda iz ove oblasti (MIL, IEC), otkazi koji se uzimaju u obzir za utvrđivanje postignute pouzdanosti nazivaju se relevantnim otkazima. Tehnologija izrade softvera jedinstvena je, susedne faze životnog veka nalaze se u iterativnom odnosu, aktivnosti pronalaženja otkaza (nedostataka) i njihovog otklanjanja (održavanja) stalno se uzajamno smenjuju. Treba reći, inženjerski pristup projektovanja softvera sadrži

stalnu analizu mogućih uzroka otkaza pri ugradnji pouzdanosti. U softverskom inženjerstvu nisu potrebne laboratorije koje bi se bavile kvalitativnom analizom pouzdanosti softverskih modula kao što je to slučaj za materijalne tehničke uređaje, već su i kvalitativni i kvantitativni pristupi analiza pri ugradnji pouzdanosti softvera stalno »u rukama« istog inženjera. Nedostatak — greška — otkaz čine, u izvesnom smislu, uslovljeni niz fenomena koji mora da se ima u vidu pri ugradnji i ispitivanju pouzdanosti softvera.

Matematičkim modelima pouzdanosti softvera ili, kraće, modelima pouzdanosti softvera [4], razvijanim od kraja šezdesetih godina ovog stoleća pa do današnjih dana, pretpostavljana je priroda nastajanja softverskih otkaza, tako da bi moglo da se sagleda buduće ponašanje softvera u eksploataciji. Cilj je najčešće bio omogućavanje prognoze pouzdanosti softvera, analogno prognozi pouzdanosti elektronskih uređaja, ali neki tipovi od njih omogućavaju pristup statističkom ispitivanju pouzdanosti softvera. Na primer, incidentni proces mogućih otkaza, za tzv. modele pouzdanosti definisane na ulaznom domenu, može da se pretpostavi na sledeći način: neka »n« ulaznih parametara (uzoraka) i »m« izlaznih parametara (odziva) može da se posmatra u funkciji $F : E \rightarrow Z$, gde je jedna ulazna količina za F vektor e u n-dimenzionalnom skupu E, a jedna izlazna vrednost F(e) neka je vektor z u m-dimenzionalnom skupu Z. Preslikavanje funkcije F neka je definisano na skupu particija preslikavanja $F = \{F_1, F_2, \ldots F_L\}$. Tada svako parcijalno preslikavanje F_s, definisano na nekom podskupu X ulaznog domena, neka je domen definicije F_s, odnosno referiše se kao funkcija domena. Korespondentno, neko ukupno vreme ispitivanja T datog softvera »diskretizuje se«, pa se može posmatrati pod particijom, respektivno particiji F, kao skup $T = \{T_1, T_2, \ldots T_L\}$. U praktičnom izvođenju eksperimenata uslovi eksploatacije definišu se ulaznim domenom (ULAZNI PROFIL), koji je, u principu, statistički uzorak. Takođe, konačnom vremenu rada softvera korespondentan je diskretizovan skup T.

Razmatranje fenomena softverskih otkaza, njihovih priroda, mehanizma nastajanja i načina sprečavanja (otklanjanja), uključujući tu modelovanje pouzdanosti, zatim postavljanje zahteva u vezi pouzdanosti i realizovanje dinamičkog testa (provere) pouzdanosti, najviše imaju smisla za dve vrste softvera:

— softver kritične misije ili funkcije (upravljanje tehnološkim procesom, upravljanje vatrom oruđa, upravljanje letelicama, i sl.), i

— softver srazmerno velikog obima, na primer, izraženog u stotinama, ili hiljadama linija koda. Ovakva vrsta softvera obično ima značajnu prirodu namene (rad u realnom vremenu, visoku cenu transakcija, i dr.).

Definisanje skupa relevantnih otkaza u pripremi dinamičkog testa za ovakve vrste softvera, kako se da naslutiti, vrlo je značajna aktivnost povezana sa ukupnom metodologijom ispitivanja i zaključivanja. Posebno treba da se imaju u vidu dve neophodne grupe postupaka koje bi trebalo ugraditi u tokove eksperimenata provere pouzdanosti:

— manipulisanje sa INFORMACIONOM BAZOM EKSPERIMENATA, i

— zaključivanje na osnovu OCENE POSTIGNUTE POUZDANOSTI.

Uz već pomenuti ULAZNI PROFIL, ovi postupci kao podrška aktivnostima ispitivanja mogu da budu automatizovani, odnosno da predstavljaju softversko okruženje eksperimenata [5]. Grafički predstavljen redosled osnovnih aktivnosti za proveru pouzdanosti softverskog koda (na sl. 1 i 2 u odeljku 3), sadrži, takođe, kontrole ograničavajućih parametara broja otkaza i vremena ispitivanja čije brojčane vrednosti proizilaze iz pomenutih postupaka.

Određivanje relevantnih tipova otkaza ispitivanog softvera spada već među prve osnovne aktivnosti pripreme eksperimenata. Tome prethodi dobro upoznavanje i analiza ispitivanog softverskog koda (ISPITNI OBJEKT SOFTVERA). Tokom ove analize, koja je, u stvari, kvalitativna analiza pouzdanosti softvera, potrebno je razmotriti sledeće moguće tipove otkaza:

— logički;
— brojčani (numerički, podatkovni);
— vremenski, u smislu nesinhronizovanosti vremenskih intervala transakcija obrade;
— sigurnosni, koji može da proizađe od ugrađenih softverskih rešenja sigurnosti;
— izazvane od okruženja hardverskog i softverskog, i
— mešoviti.

Njihovi »pojavni« oblici, pri tome, mogli bi da budu:

— pojedinačni;
— prolazni;
— učestali;
— vidljivi (stalni);
— skriveni, ili
— lažni (nešto što bi se moglo da izgleda kao otkaz, a, u stvari, nije otkaz. Na primer: lažni alarm).

Naravno, sa gledišta teorije pouzdanosti, samo tzv. primarni (neuslovljeni) otkaz može da bude deklarisan kao relevantni otkaz. Čin provere pouzdanosti softvera jeste namenjen tom cilju, ali tokom ispitivanja mogu da se otkriju i otklone i druge vrste nedostataka. To je tipično za tzv. klinrum (cleanroom) tehnologiju u softverskom inženjerstvu [6]. Očigledno, u analizi pouzdanosti softvera stalno treba da bude prisutno pitanje šta od eventualno otkrivenih nedostataka može u neodređenom (slučajnom) vremenskom trenutku, u budućnosti, da se manifestuje kao otkaz. Analiziranjem činjenica na ovaj način, uz zahteve da dati softverski proizvod treba pouzdano i bezbedno da obavi zadatu misiju, došlo se do postavljanja problema (ne)pouzdanosti softvera i osmišljavanja puteva njegovog rešavanja. Ispitivanje pouzdanosti softvera, statičko i dinamičko, otuda, pri projektovanju i izradi softvera, zauzima bar 50% od ukupnog radnog angažovanja stručnjaka [6].

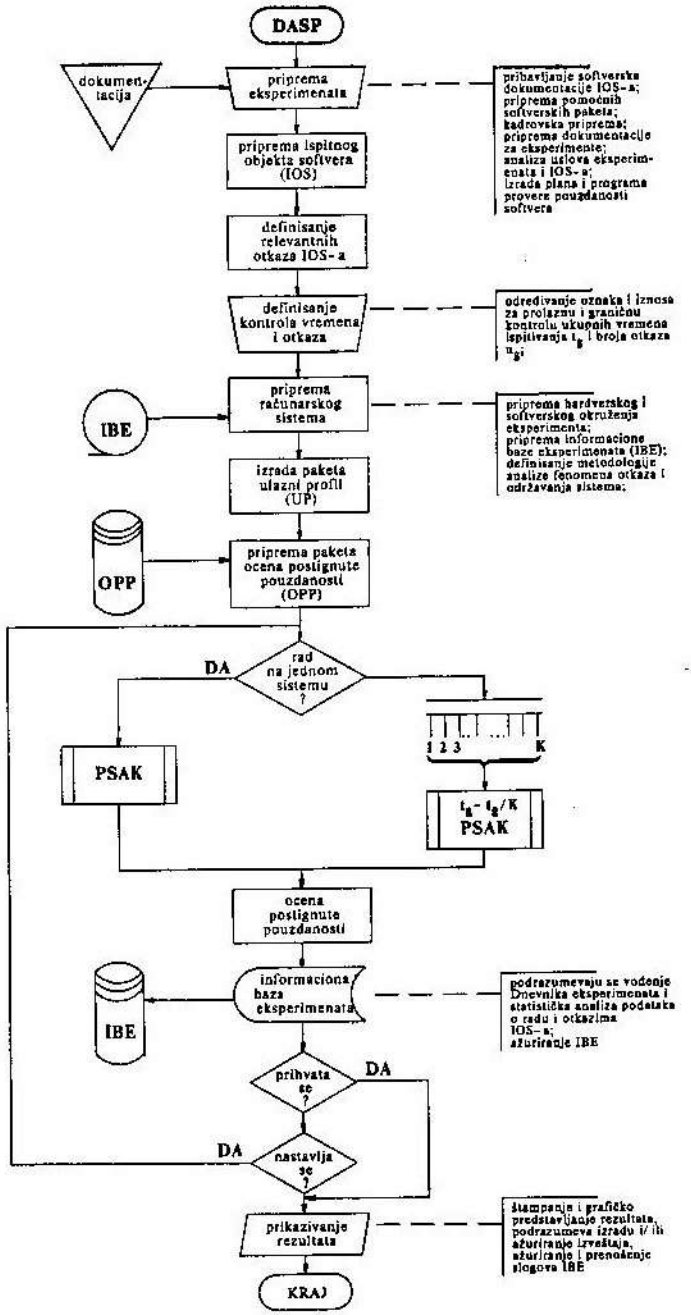
Pregled osnovnih aktivnosti ispitivanja

Prema nacrtu životnog veka softvera [3], konstrukcijski ili prijemni tip ispitivanja, definisan kao dinamički test ili provera pouzdanosti, može se u okruženju računarskog sistema pojaviti u:

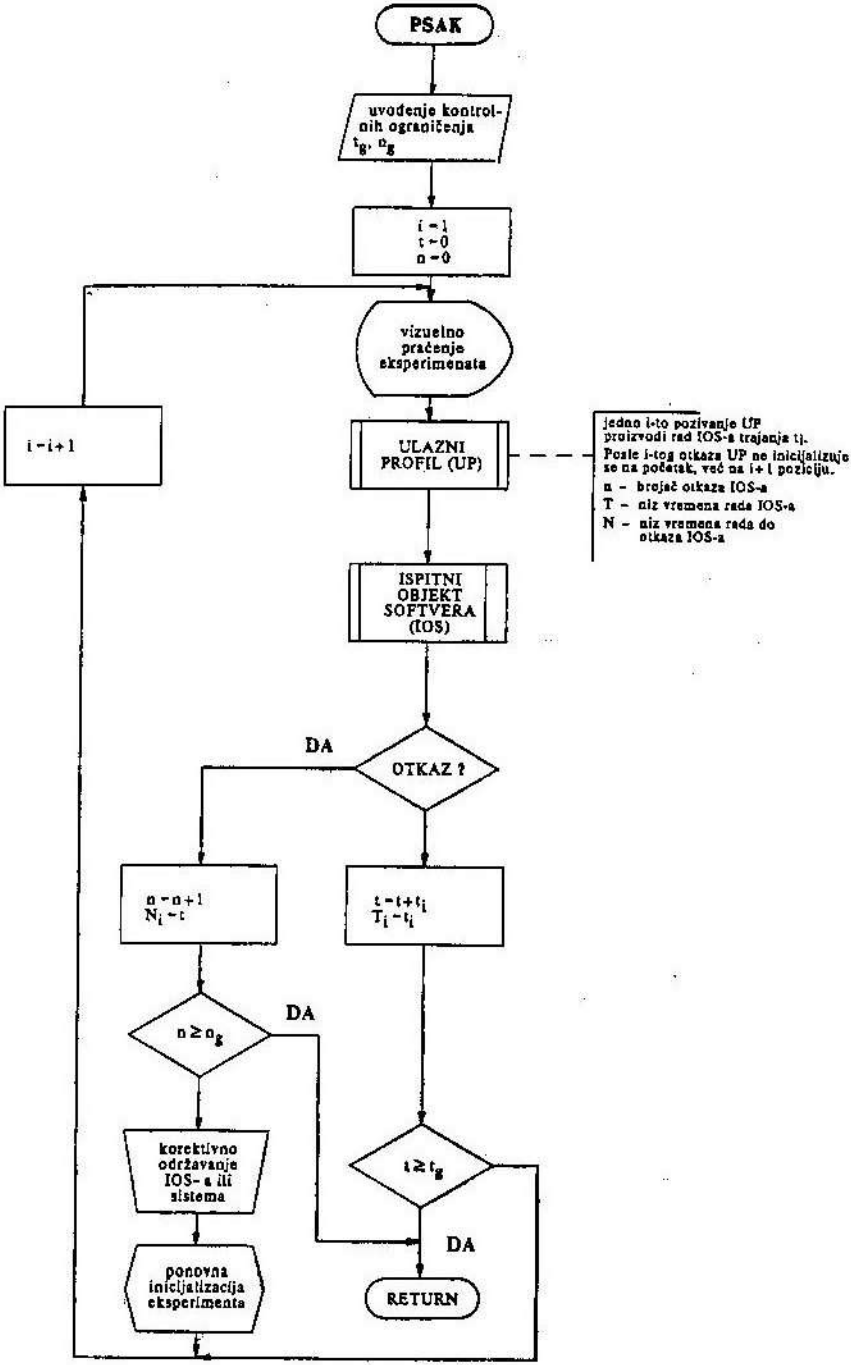
— fazi ispitivanja softverskog koda na laboratorijskom sistemu, i/ili
— fazi ispitivanja softverskog koda na ciljnom sistemu, gde inače treba da se ugradi ispitni objekt softvera.

Zavisno od količine raspoložive računarske opreme, eksperimenti, sa ciljem skraćivanja ukupnog vremena ispitivanja, mogu da budu izvođeni i na više istovetnih računarskih sistema. Dve grane u dijagramu aktivnosti DASP (na sl. 1) ukazuju na ovakve mogućnosti organizacije ispitnih aktivnosti. Dijagrami na sl. 1 i 2 prikazuju, inače, sve osnovne aktivnosti provere pouzdanosti softverskog koda po njihovom redosledu.

Ulazni statistički uzorak, pod simboličnim nazivom ULAZNI PROFIL, u aktivnostima pripreme navedenim u DASP-u i izvođenja eksperimenata navedenim na sl. 2 u dijagramu PSAK, može da bude ostvaren kao niz datoteka ranije pripremljenih podataka ili generisanjem, na primer, poznatom tehnikom simulacije Monte-Karlo. U slučaju izvođenja eksperimenata na laboratorijskom računarskom sistemu ulaznim profilom u potpunosti se definišu uslovi eksploatacije u smislu pouzdanosti. Kada se eksperimenti organizuju na ciljnom računarskom sistemu, ULAZNI PROFIL može da bude proširen nekim incidentnim slučajnim događa-



Sl. 1 — Dijagram aktivnosti eksperimentalne provere pouzdanosti softvera ((simboli po JUS A.FO.004)



Sl. 2 — Dijagram aktivnosti kontrole rada IOS-a

jima koji potiču od prirodnog okruženja ispitnog objekta softvera. Tipski, eksperimenti sa laboratorijskim sistemom bliski su tzv. »eksperimentima tipa crne kutije«, a sa ciljnim sistemom mogu biti bliski tzv. »eksperimentima tipa bele kutije«.

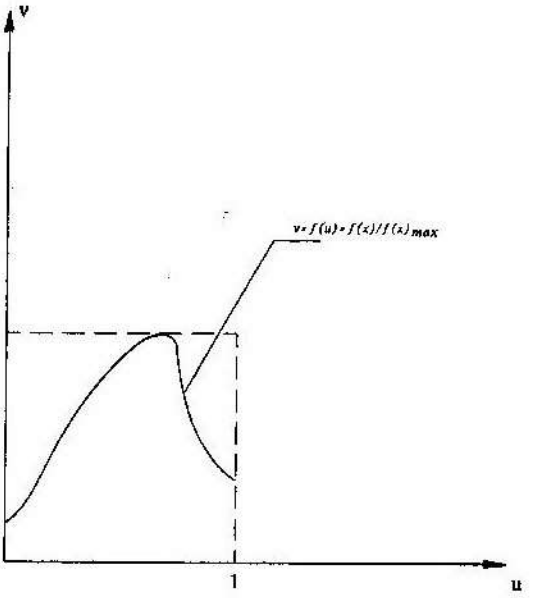
Upoznavanje rezultata iz dokumentacije o već ranije izvedenim ispitivanjima na softveru koji se ispituje, simbolički nazvanim ISPITNI OBJEKT SOFTVERA, spada u prve aktivnosti ispitivanja po dijagramu DASP. Među prve aktivnosti ispitivanja trebalo bi da spada i priprema ULAZNOG PROFILA, a bolje je ako je on pripremljen tokom projektovanja i izrade softvera koji treba da se proverava i u vezi zahteva pouzdanosti. Ako je Monte-Karlo simulacija pri tome izabrana kao radna tehnika, onda jedan od pristupa može da bude sledeći [5]: neka je zadatak da se generiše niz pseudoslučajnih brojeva sa izabranom funkcijom gustine raspodele f(x), definisane u nekom intervalu (A,B) koji odgovara ulaznom profilu. Prvo, pomoću niza pseudoslučajnih brojeva ξ_i, η_i, ravnomerno raspoređenih u intervalu (0,1), treba da se transformišu razmere kontinualne krive f(x) na jedinični kvadrat, kao na sl. 3. Transformacija razmera dobija se po relacijama, za nove koordinatne ose (u, v),

$$u = \frac{x-A}{B-A};$$

$$x = A + (B - A) \cdot \xi_i;$$

$$v = \frac{f(x)}{f(x)_{max}} = \frac{f[A+(B-A)\cdot\xi_i]}{f(x)_{max}}$$

gde je $f(x)_{max}$ najveća vrednost funkcije f(x) u intervalu (A,B). Onda, ako je među izračunatim vrednostima uspostavljen odnos $\eta_i < v$; tada generisana vrednost $A+(B-A)\cdot\xi_i$ pripada traženom nizu pseudoslučajnih brojeva. Od velike pomoći za ove pristupe simulaciji mogu da budu postojeće, matematičke i statističke biblioteke savremenih digitalnih računara.



Sl. 3 — Transformacija funkcije f(x) u jediničnom kvadratu

Aktivnosti registrovanja podataka o eksperimentima pripadaju generisanju dokumenata koji se obično naziva Dnevnikom eksperimenata. Tu mogu da budu zabeleženi podaci, kako o trajanju i datumu ispitivanja, tako i o broju otkaza i trenucima otkaza. Obrada ovih »sirovih« podataka omogućava dobijanje podloga za zaključivanje. U automatizovanom vidu, slogovi podataka o eksperimentima i njihova obrada mogu da budu realizovani kao INFORMACIONA BAZA EKSPERIMENATA.

Tok eksperimenata, prikazan na sl. 2, pomoću dijagrama PSAK radi uprošćavanja ukupnog grafičkog prikaza aktivnosti ispitivanja, kao glavne aktivnosti, sadrži pobuđivanje (rad) ISPITNOG OBJEKTA SOFTVERA, stavljanjem u rad ULAZNOG PROFILA. Dijagram na sl. 2, u stvari, prikazuje ciklus ovih aktivnosti, kontrolisan graničnim vrednostima broja otkaza n_g i vremena ispitivanja tg. Ovom kontrolom obezbeđen je, takođe, i prelaz na osnovnu aktivnost zaključivanja OCENA POSTIGNUTE POUZDANOSTI, u dijagramu na sl. 1. Izlaz iz ove osnovne

aktivnosti ili je nastavak eksperimenata (PSAK) ili je završetak ispitivanja (prihvatanje ili odbacivanje). Treba imati u vidu da aktivnosti koje pokriva simbolični naziv INFORMACIONA BAZA EKSPERIMENATA mogu da imaju širu ulogu: može da bude organizovana »istorijska« baza podataka za kasnije statističke analize.

Ocena postignute pouzdanosti

Cilj aktivnosti ocene postignute pouzdanosti je izvođenje određenih zaključaka o prihvatanju ili odbacivanju ispitivanog softverskog koda u pogledu pouzdanosti. S obzirom na podatke koji mogu da budu registrovani u dnevniku eksperimenata, ocene su tipično statističke prirode. Već razvijeni međunarodni standardi MIL i IEC, koji se odnose na elektronske uređaje, mogu i ovde da budu primenjeni [5, 7]. To su, pre svega, dokumenti MIL 781C, IEC 605-4, 5, 6 i 7, gde su standardizovani postupci, kako za sekvencijalnu proveru zahteva po pouzdanosti, tako i za tačkastu i intervalnu ocenu parametara pouzdanosti [1]. Matematički postupci su u navedenim dokumentima detaljno opisani sa primerima i planovima za testove.

U inženjerskoj praksi, a na osnovu pomenutih i drugih standarda, zahtevi u vezi pouzdanosti za elektronske uređaje i sisteme postavljaju se pod uslovom konstantnih parametara pouzdanosti (intenzitet otkaza λ, srednje vreme do/između otkaza m), tj. važenje eksponencijalne raspodele vremena rada do/između otkaza. To podrazumeva da je incidentni ulazni proces otkaza stacionarni Puasonov. Na osnovu toga, može se pretpostaviti da isti uslovi, u prvom stepenu približnosti, mogu da važe i za softverski kod koji je funkcionalni i strukturni deo elektronskih uređaja i sistema [7]. Pored toga, standardizovani postupci ocene postignute pouzdanosti (IEC 605-6) omogućavaju, takođe, utvrđivanje pretpostavke o konstantnom parametru λ.

Veličina statističkog uzorka, odnosno realizovani broj (relevantnih) otkaza u sekvencijalnoj statistici, predstavljaju parametre ocene na osnovu kojih se izvode zaključci u aktivnostima provere pouzdanosti. Zanimljivo je, međutim, da ocena parametra λ može da se dobije i kada u toku ispitivanja nije došlo do realizovanja otkaza. Za ovaj slučaj standard IEC 605-4 daje relaciju za tačkastu ocenu

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{3T^*},$$

gde je T^* ukupno vreme trajanja eksperimenata. Uzima se da je softver visokopouzdani tehnički proizvod, pa mogu da budu ostvareni i ovakvi uslovi pri dinamičkom testu pouzdanosti.

Imajući u vidu osobine softvera u poređenju sa, na primer, elektronskim uređajima, postoji više povoljnosti u pogledu troškova, ukupno vremena ispitivanja i organizovanja statističkog uzorka određene veličine za korektnu statističku ocenu pouzdanosti softverskog koda. Prirodno je da:

— softverski kod je, praktično, neuništiv, jer se može obnoviti ako se raspolaže kvalitetnom i potpunom softverskom dokumentacijom;

— softverski kod ne stari tokom trajanja ispitivanja niti tokom stajanja, pa su mogućnosti organizovanja vremena ispitivanja vrlo elastične. To je jedan od uslova koje traže pomenuti standardi;

— vreme ispitivanja ne mora da bude neprekidno, tj. eksperimenti mogu da budu izvođeni s prekidima;

— veličina statističkog uzorka može da se definiše po potrebi, tj. može da se načini proizvoljan broj istovetnih kopija softverskog koda. Zna se, prema pomenutim standardima, da se na osnovu veće veličine uzorka skraćuje vreme sekvencijalne provere;

Dakle, aktivnosti ocene postignute pouzdanosti mogu da budu sprovođene i samo pomoću pomenutih postojećih standarda. Takođe, ove aktivnosti mogu

da budu uklopljene u Plan i program ispitivanja pouzdanosti elektronskih uređaja i sistema koji sadrže softverski kod kao funkcionalni podsistem. Pomenute povoljnosti u pogledu softvera ovakvu mogućnost samo potvrđuju.

Zaključak

Postavljene i analizirane osnovne aktivnosti i uslovi za proveru pouzdanosti softverskog koda, kao deo njegovog dinamičkog ispitivanja, ukazuju na mogućnosti za organizovanje ovakvog tipa ispitivanja softvera. Nema prepreka da ovakve provere budu u kompleksu ukupnih ispitivanja uređaja i sistema koji u strukturi imaju softverski kod. Standardizovana podloga postupaka za statističku ocenu i proveru pouzdanosti softverskog koda, takođe, postoji, a može se i proširivati po potrebi. Vodeći računa o predloženim aktivnostima u grafičkom pregledu okruženja eksperimenata mogu da se preporuče sledeći naslovi sadržaja Plana i programa provere pouzdanosti softvera:

1. Predmet ispitivanja
2. Pripadnost sistemu
3. Zahtevi
4. Razvojna faza i okruženje eksperimenata
5. Prethodna ispitivanja
6. Metodološki pristup
7. Plan eksperimenata
8. Dnevnik eksperimenata
9. Ostali podaci o ispitivanju
10. Kadrovsko obezbeđenje
11. Izrada izveštaja.

Treba imati u vidu da postoje povoljni uslovi za organizovanje eksperimenata provere pouzdanosti softverskog koda, kako u pogledu troškova, tako i u pogledu organizovanja statističkog uzorka i rasporeda vremena ispitivanja. Takođe, izneti su predlozi o strukturi softverskog okruženja eksperimenata provere pouzdanosti softverskog koda.

Literatura:

[1] Brkić D.: Ispitivanje pouzdanosti tehničkih sredstava NVO.
Kvalitet i pouzdanost, 1988, 16.

[2] Đokić D.: Osnovni elementi ITOB-a pri razvoju softvera automatizovanih sredstava NVO.
Vojnotehnički glasnik, 1983, 2.

[3] Đokić D.: Višekriterijumsko vrednovanje softvera po kvalitetu.
Naučno-tehnički pregled, 1991, 10.

[4] Đokić D.: Modeli pouzdanosti softvera.
Kratka tehnička informacija 18, Beograd, 1983.

[5] Đokić D.: Idejni projekt softwerskog okruženja dinamičkog testa pouzdanosti softwerskih proizvoda.
Elaborat VTI, 1992.

[6] Selb W. R.,. . .:Cleandrom Sofware Development:
An Empirial Evaluation.
IEEE Trans. on Software Engineering, 1987, Vol. S-13.

[7] Sandah H.: Reliability Demonstration Testing for Software.
IEEE Trans. on Reliability, 1991, Vol. 40.

Rajko Terzić,
kapetan, dipl. inž.

Prepoznavanje oblika i prikaz procesa prepoznavanja oblika na SCANNER-u MICROTEK »MSF-300A«

Kompjuter, jedan od najviših dometa visoke tehnologije, još nije dovoljno »opismenjen«. Kada to bude ostvariće se neslućena područja u njegovoj primeni. U ovom slučaju, »opismeniti« kompjuter znači omogućiti mu da prepoznaje slova koja obrađuje, a to nije jednostavan proces. Ovaj članak predstavlja pokušaj da se prikaže trenutno stanje programske podrške u ovoj oblasti, a bliže da objasni upotrebu programskog paketa RECOGNITA PLUS 1.1.

Uvod

Jedan od značajnih pravaca u razvoju računarstva, od njegovih prvih primena, odnosi se na interakciju čoveka sa računarskim sistemom preko raznovrsnih ulazno-izlaznih uređaja. Tehnološka usavršavanja ukazala su i na mogućnost korišćenja, kao ulaznog medijuma, proizvoljnog dokumenta, prepoznavanjem grafičkih elemenata iskazanih u obliku niza alfanumeričkih i grafičkih simbola. Imajući u vidu potrebu prepoznavanja sadržaja, odnosno elemenata prirodnog jezika, kao jedne od mogućnosti u okviru veštačke inteligencije, pojavila se tehnika prepoznavanja oblika. Možemo uočiti velike mogućnosti u primeni ove tehnike na automatizaciju poslova za interpretaciju dokumenata u raznim aspektima ljudske delatnosti, njihovo arhiviranje ili ažuriranje.

Kompjuter, jedan od najviših dometa visoke tehnologije, još nije potpuno »opismenjen«. Kada to bude, otvoriće se i druga područja u njegovoj primeni.

Opismeniti dete ili čoveka predstavlja dugotrajan proces učenja jednog visoko inteligentnog bića. To opismenjavanje je veoma složen proces, koji se sastoji u prepoznavanju oblika slova koje treba naučiti i, kasnije, dodeljivanju takvom obliku određenog značenja. Porediti nivo inteligencije čoveka i mašine još nije moguće, jer je broj informacija koje čovek od detinjstva primi preko svojih receptora je ogroman i neuporediv u odnosu na broj podataka koje su programeri u stanju da upišu u računar. I ne samo zbog toga!

Ako inteligenciju definišemo kao sposobnost snalaženja u novim situacijama, iz ove tvrdnje proizilazi: naučiti kompjuter da prepoznaje znakove isti je proces kao i opismenjavanje čoveka. Razume se na mnogo nižem nivou inteligencije.

Izgleda dosta neverovatno da kompjuter nije »pismen«, kada je u stanju da izuzetno dobro, brzo i efikasno obrađuje tekst u moćnim tekst-editorima sa hiljadama tipova fontova, i sve to da štampa na velikom broju različitih štampača. To je, međutim, isto kao da veštog, ali nepismenog čoveka stavite da slaže slova i stranice prema unapred datom uzorku koji je pripremio pismen čovek, a da pri tome nepismeni ne shvata šta slaže, niti je u stanju da to pročita.

»Opismeniti« kompjuter u užem smislu znači omogućiti mu da prepoznaje slova koja obrađuje. Kompjuter treba da prepozna i da im dodeli pravo značenje za hiljade različitih oblika znakova — fontova i stotine različitih veličina sa različitim razmacima između sblova, reči i redova.

Osnovni pojmovi

U ovom poglavlju biće dati osnovni pojmovi i definicije iz oblasti prepoznavanja oblika, preuzeti iz literature [1], [2], [3], [5], [6], [8], a spominju se u daljem tekstu.

Pod *skupom oblika* podrazumeva se skup različitih fizičkih objekata ili skup mentalnih stanja [1]. Veličina skupa oblika određena je brojem referentnih klasa. *Referentne klase* formirane su od oblika sa istim fizičkim ili mentalnim obeležjem.

Za oblik koji pripada jednoj od referentnih klasa skupa kaže se da je *prepoznatljiv*. Ukoliko su svi oblici prepoznatljivi (pripadaju nekoj od referentnih klasa) skup oblika smatra se zatvorenim, a u slučaju da postoje neprepoznatljivi oblici skup se smatra otvorenim.

U slučaju zatvorenog skupa oblika, prepoznavanje oblika definiše se kao razdvajanje ili klasifikacija objekata koji pripadaju nekom skupu događaja, procesa ili pojava.

Ukoliko je skup oblika otvoren, razlikuju se dva načina prepoznavanja oblika:

— uvodi se fiktivna referentna klasa neprepoznatljivih oblika, tj. od otvorenog skupa oblika formira se zatvoren skup;

— za svaki od neprepoznatljivih oblika formira se nova referentna klasa. Broj referentnih klasa se ne zna unapred, tj. procedura učenja je interaktivna.

Iako je poslednji način najpribližniji čovekovom prepoznavanju oblika aspekta veštačke inteligencije, značajnija su prva dva načina koja omogućuju formiranje zatvorenog skupa.

Sve postojeće metode sa stanovišta problema prepoznavanja oblika mogu se podeliti u dve grupe [1]: statističke i sintaktičke.

Statistička metoda formira »sliku« stvarnog oblika. Detektovana slika ima samo neke osobine koje stvarni oblik poseduje uz prisustvo šuma, odnosno smetnji koje su posledica nesavršenosti sistema za detekciju. Smetnje se otklanjaju ekstrakcijom osobina (filteri). Uređaj koji radi tu fazu zove se ekstraktor, a dobijena informacija se naziva osobina ulaznog oblika.

Sintaktička (lingvistička) metoda ulaznu informaciju razlaže na jednostavnije. Zatim se ti oblici mogu rastaviti na još jednostavnije i tako do najelementarnijeg oblika. Svaki od ovih rastavljenih oblika predstavljen je strukturom stabla, pri čemu se, pored informacije o međusobnom položaju jednostavnih oblika, zahteva i informacija o međusobnom položaju jednostavnijih oblika koji čine jedan nivo stabla. Ova metoda zove se i lingvistička zbog sličnosti sa načinom na koji se formiraju rečenice (oblik-podređeni oblici: rečenica-reč (slova)).

Optičko prepoznavanje teksta (eng. Optical Text Recognition), u daljem tekstu (OTR), jeste metoda koja se bazira na optičkoj detekciji teksta sa proizvoljnog medijuma.

Optičko prepoznavanje znakova (eng. Optical Character Recognition), u daljem tekstu (OCR), jeste metoda koja se bazira na optičkoj detekciji znakova sa proizvoljnog medijuma, odnosno papira.

To se najčešće postiže na dva načina [3]:

— laserski ili svetlosni zrak skanira papir, a detektuje se stepen njegove refleksije. To su aktivni OCR sistemi;

— papir se uniformno osvetljava, senzori skaniraju refleksiju. To su pasivni OCR sistemi.

Prepoznati ulazni podaci pohranjuju se u datoteke koje imaju specifične formate. Najčešći formati zapisa su *TIF, PCX, BMP, ASCI,* itd. Prva tri formata su karakteristična za prepoznate slike, dok je četvrti format karakterističan za prepoznavanje znakova.

Istorijski razvoj tehnike prepoznavanja oblika

Još davne 1929, u eri mehanizacije radnih procesa, nemački naučnik G. Tauschek prijavio je patent pod nazivom »Upravljanje radom mašina pomoću svetlosne energije«. Predložena metoda se bazirala na foto-postupku određenih slova, stvaranjem slike slova na fotomaterijalu i, kasnije, projektovanjem tih slova na mašinu koja je ta slova prepoznavala. Ti rezultati bili su veoma skromni i nagovestili su samo da je taj proces daleko od moguće primene [6].

Tek nastankom snažnih kompjuterskih sistema i razvojem veštačke inteligencije tih sistema, stvoreni su algoritmi koji su bili u stanju da sa više ili manje tačnosti prepoznaju značenje pojedinih slova i značenje teksta. Tada je i nastao termin OTR i OCR.

OTR je intenzivno razvijan za vreme drugog svetskog rata, kada je trebalo prepoznati šifrovane poruke neprijatelja, a OCR sistemi takođe uz njih, ali komercijalna primena OCR sistema postala je stvarnost tek kada je postalo moguće u kompjuter uneti sliku teksta preko optičkih čitača — skenera, a za to su stvoreni tehnički uslovi početkom šezdesetih godina.

Razvijeni su mnogi algoritmi i metode za prepoznavanje teksta i znakova, a i dalje predstavljaju domen intenzivnih istraživanja u primeni veštačke inteligencije. Najpoznatiji su Markovljev algoritam, Viterbi-algoritam, Contextualni proces, Tekst segmentacija, Levenshteinova N-gramska i mnoge druge tehnike. Praktični rezultati tih i sličnih istraživanja u svetu već postoje.

Ni kod nas nije zanemaren ovaj veoma značajan domen u primeni veštačke inteligencije. Na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Ljubljani pre četiri godine razrađivan je OCR sistem za prepoznavanje slova pisanih rukom. Projekat su vodili prof. dr L. Gyrgyek, dr N. Pavešič i dr. S. Ribarić, koristeći topološki metod sintaktičkog prepoznavanja uzoraka, koji se primenjuje i u najsavremenijim OCR sistemima uz razne modifikacije i optimalizacije.

Topološki metod zasniva se na prepoznavanju karakterističnih delova pojedinih slova, koji se sastoji od više linija (kosih, vertikalnih, horizontalnih), više krivina (levih, desnih, konkavnih i konveksnih) i više debljina.

Na primer: slovo B sastoji se od jedne vertikalne linije (‖), tri horizontalne linije (-) i dve leve krivine ( )).

Efikasno korišćenje ovog metoda podrazumeva brzi računar sa dosta memorije (na primer 0.5 MIPS-a i 4 MB RAM-a).

U ranijim komercijalnim OCR sistemima korišćen je i metod matričnog preklapanja (eng. matrix matching), na kojem se zasnivao i prvi prasistem iz 1929. godine. Tačnost prepoznavanja bila je veoma mala, tako da se ova metoda ređe koristi.

Danas, komercijalni i profesionalni OCR sistemi koriste razne varijante topološkog metoda za prepoznavanje znakova, i to neki veoma uspešno. Tako se procenat tačnosti za dobro naučene fontove približava 100% tačnosti prepoznavanja. Pri tome je brzina prepoznavanja čak na najobičnijem PC/AT računaru do 200 znakova u sekundi. To, praktično, znači da se jedna strana teksta može prepoznati i prebaciti u tzv. ASCII datoteku za dalju obradu u tekst procesorima za oko 10 s, što daleko prevazilazi mogućnosti i najboljih daktilografa. To je ono čemu se teži i što će možda OCR sisteme uvrstiti u nezamenljive alatke u primeni kompjutera.

OCR sistemi će omogućiti ono što se doskora nije moglo očekivati: slepi će slušati tekst iz dnevnih novina, pisane poruke će izvršavati razne komande u sistemima pod upravljanjem kompjutera, kamere će iz aviona iz skupa različitih oblika na zemlji nepogrešivo raspoznavati tražene oblike, inteligentne mašine će mnogo brže i preciznije proizvoditi, popravljati ili pronalaziti artikle.

Osnovna razlika u prepoznavanju slike i slova

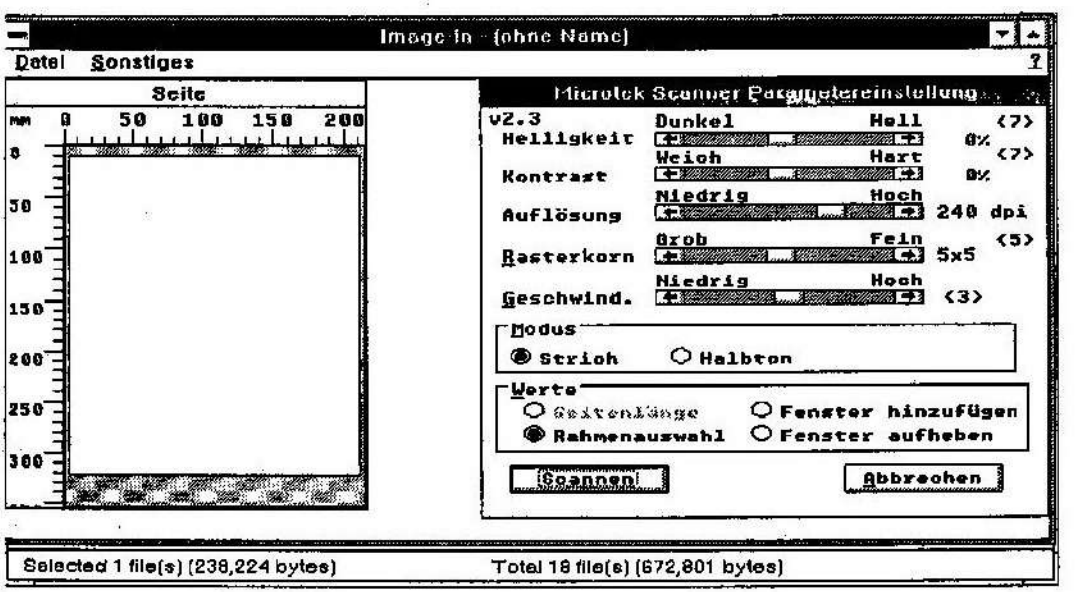
Unos podataka trenutno predstavlja, bez sumnje, najmukotrpniju operaciju u korišćenju računara. Računari su izvanredni u mnogim poslovima, ali podatke baš ne čitaju uspešno, čak i ako im pri tome pomaže čovek.

Kada jedan OCR sistem prepozna 90% teksta, to je izuzetan rezultat u domenu veštačke inteligencije, ali krajnje slab za praktičnu primenu. Zato su mnogi potencijalni korisnici olako ignorisali izuzetne rezultate postignute silnim trudom u oblasti prepoznavanja teksta. Objektivna je procena da su za komercijalnu primenu pogodni samo OCR sistemi kod kojih je verovatnoća prepoznavanja teksta veća od 99%, a za profesionalnu primenu i od 99,9%. Najnovija generacija OCR programske podrške nalazi se na pragu savršenstva. A to znači da će uskoro tačno određeni ulazni tekst uspešno biti prepoznat stoprocentno.

Pitanje je zašto treba prepoznavati znakove kada oni izgledaju veoma prepoznatljivo na ekranu računara bez obzira na to da li su ukucani preko tastature ili su uneseni preko nekog skenera. Za poznavaoce je odgovor jednostavan: skeneri proizvode sliku, računaru su potrebni znaci, a do njih može doći jedino ako ume da ih — pročita.

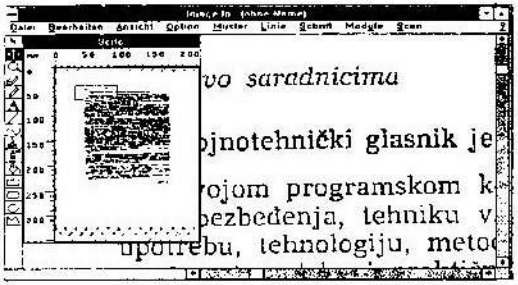
Do sada su skeneri uspešno »kopirali« ulazne podatke u formate (TIF, PCX, BMP). Navedeni formati bili su pogodni za obrade u grafičkom modu kao slike, a nikako kao standardan tekst pogodan za dalje obrade (dodavanje novog teksta, ispravke grešaka, itd.).

Na slici 1 dat je prikaz početnog ekrana, programa za prepoznavanje ulaznih podataka u formatu slike. Taj program zove se Image-In. Na slici se jasno uočavaju prethodne radnje koje treba učiniti da bi se izvršio proces skeniranja. Na primer, podesiti kontrast, veličinu radnog prozora za skeniranje, rezoluciju, itd.).



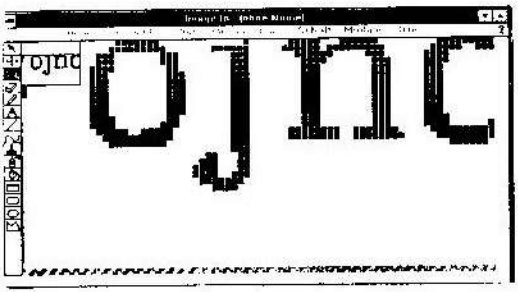
Sl. 1

Na slici 2 dat je prikaz ekrana po završetku skeniranja ulaznog podatka. Na levoj polovini ekrana vide se konture ulaznog podatka, a u pozadini slike uočava se deo normalnog teksta.



Sl. 2

Na slici 3 prikazan je zumiran deo teksta. Ovde se uočava mogućnost korekcije dela prepoznatog podatka.



Sl. 3

Ovakvo objašnjenje je jasno i za nedovoljno upućene, a može predstavljati i objašnjenje zašto su do skoro OCR sistemi bili neefikasni. Problemi veštačke inteligencije rešavaju se dosta teško i na mnogo jačim konfiguracijama nego što je to svuda rašireni PC računar. U tu svrhu predlaže se nova koncepcija računara.

OCR sistem predstavlja komplet koji sadrži računar, skener i OCR programsku podršku. Svaki od ovih elemenata utiče na ocenu o pogodnosti primene takvog sistema. Računar utiče na tu odluku svojom brzinom, pa proizvođači programskih sistema deklarišu brzinu rada programskog sistema u odnosu na brzinu računara. Ipak, korisnik, uglavnom, računa na već postojeći računar, pa pozitivne karakteristike traži od programske podrške i skenera, iako većina OCR programskih sistema isključivo zahteva snažne i skupe konfiguracije. Kada se govori o snažnim i skupim konfiguracijama misli se na računare koji imaju i po nekoliko miliona operacija u sekundi u daljem tekstu (MIPS).

Kriterijumi za izbor optimalne OCR programske podrške

OCR sistemi danas se, najčešće, koriste u izdavaštvu, u obradi teksta gotovih dokumenata, u stvaranju baza tekstova raznih namena, u distribuciji dokumenata, u automatskom popunjavanju formulara i bankovnih dokumenata, a u perspektivi njihove će mogućnosti i oblast primene biti veće.

Izabrati pravilno OCR sistem znači izabrati optimalan računar i skener, a uz njih optimalnu OCR programsku podršku, za željenu namenu.

OCR programski sistem koji se može svrstati u profesionalnu kategoriju mora da zadovolji sledeće [6]:

— mora biti OMNIFONT, što znači da je unapred naučen da prepozna sve standardne fontove, tj. oblike slova koji se koriste, kako proporcionalne, tako i neproporcionalne;

— mora da ima tačnost prepoznavanja preko 99,5% za optimalno naučene fontove uz dobru kopiju teksta;

— mora da ima veliku brzinu prepoznavanja, znatno veću od brzine rada daktilografa, što iznosi najmanje 150 znakova u sekundi;

— mora da prepozna sve standardne veličine znakova, od najmanjih do velikih, tj. od 6 pa do 20 ili viših tačaka;

— mora da razdvaja tekst od slika i da prepoznaje samo tekst;

— mora da ima način za učenje onih znakova kojih nema u osnovnim datotekama i mogućnost za izradu vlastitih fontova;

— mora da ima mogućnost učitavanja više strana, jednu za drugom za masovan unos teksta, kao i da podržava rad skenera sa radnim okvirom (»sheet feeder«);

— mora da podržava većinu profesionalnih i drugih skenera, kako korisnik ne bi bio upućen na samo određeni skener;

— mora da učitava formule i tekstove u više kolona;

— mora da zauzme što manje memorije i dela hard diska, kako ne bi zahtevao skupu računarsku konfiguraciju za svoj rad;

— mora da je neosetljiv za manja oštećenja unesenih znakova, kao i na ligature u lošijim kopijama;

— mora da ima tekst procesor za doradu teksta nakon unosa ili da radi u okruženju koje to omogućava, npr. pod MS Windows-om na PC računaru;

— mora da generiše izlaznu datoteku u takvom obliku da je mogu prepoznati najpoznatiji programi za obradu teksta;

— mora da prepoznaje i druge grafičke formate, npr. TIFF, da bi mogao biti primenjen za prepoznavanje telefaks poruka.

Uz ovakav spisak zahteva, jedna OCR programska podrška nije jednostavna, a svakako ne može biti ni jeftina. Međutim, ako se optimalno odabere, OCR sistem će vrlo brzo opravdati svoju nabavku.

Stanje na tržištu

Ako posmatramo prethodno definisane uslova za optimalan OCR sistem, prema raspoloživoj literaturi i nekim iskustvima, tek neki OCR sistemi delom ili potpuno zadovoljavaju. Neki će biti prikazani kasnije, a sada ćemo govoriti o OCR sistemima primenljivim na PC računarima.

Prema trenutnom stanju, mali broj profesionale OCR programske podrške može uspešno da radi na AT konfiguraciji, zahvaljujući, pre svega, optimalnom algoritmu za prepoznavanje ili dodatnoj tehničkoj opremi. Problem je izabrati skener. Na tržištu postoji veliki izbor skenera. Većina profesionalnih OCR programskih sistema podržava mnoge skenere, ali testovi su rađeni na sledećim modelima: HP ScanJet Plus i na Panasonic FX-RS506U, koji su dokazali profesionalni kvalitet [3]. To, ipak, ne znači da su proizvođači poput: Ricoh, Mikrotek ili drugi nepovoljniji, ali je za takav sud potreban poseban test i posebna analiza. Za dodatne informacije preporučujemo časopis MC br. 8/90 iz avgusta 1990. U njemu je objavljena slična analiza OCR programskih sistema sa razlikom u izboru OCR programskih sistema.

Najpoznatiji OCR programski sistemi za AT računare

Možemo konstatovati da su sadašnji proizvođači OCR programskih sistema sa novim verzijama dostigli nivo profesionalne aplikacije i da se, bez sumnje, neki od njih sa uspehom mogu primeniti.

U narednom izlaganju ćemo testirati i analizirati tri paketa koji mogu konkurisati za komercijalnu ili profesionalnu aplikaciju, i to: Omnipage 2.1, proizvod američke firme CEARE CORP, američki ReadRight international i mađarska Recognita Plus 1.1. U međuvremenu su se pojavili i novi OCR za koje kod nas još ne postoje reference.

Spomenućemo i neke kod nas manje poznate OCR programske podrške, kao što su: WordScan Plus od Calera Recorgnition Systems koji ima mogućnost prepoznavanja teksta sa matričnog printera i fax-formata. Tu je i Image-in od Image-in Inc Co. koji je deklarisan kao integrisani paket za OCR, za konverziju rasterskog u vektorski format i pogodan je za grafičku obradu.

U Nemačkoj se prodaje OPTOPUS koji zahteva pojačanu računarsku konfiguraciju sa operativnim sistemom koji se zove Concurent DOS. Procesor, pod kojim računar treba da radi mora biti minimum PC/386 sa 4 MB RAM i dodatnom kartom sa specijalnim 32-bitnim procesorom sa još 2 MB RAM-a. Sva ta poboljšanja omogućavaju brzinu

od samo 25—33 cps (znakova u sekundi). Tu je i READSTAR 6 od proizvođača Inovatic, koji mnogo obećava. On radi sa novim »topološkim« algoritmom, i to uspešno na PC/AT, uz veliku deklarisanu brzinu od 180 cps. Sledi prikaz tri kod nas najviše upotrebljavana OCR-paketa: OMNIPAGE 2.1, READRIGHT INT i RECOGNITA 1.1.

OMNIPAGE 2.1.

Tekst na naslovnoj strani OmniPage programskog sistema glasi na latinskom OMNI, u prevodu SVE, što praktično znači:

1. Bilo koji font, na bilo kakvoj stranici u skoro svim fajl-formama tima kompjutera.

2. Najmoderniji softver za prepoznavanje stranica teksta za korisnike MS DOS-a.

3. Omogućuje skeniranje svih stranica sa tekstom i grafikom.

Ovo je jedan od boljih profesionalnih OCR programskih sistema. Da bi on mogao da radi potrebna mu je određena konfiguracija računara koja poseduje mikroprocesor 386 sa najmanje 4 MB RAM-a i najmanje 8 MB raspoloživog memorijskog prostora na tvrdom disku.

Ako bismo, ipak, želeli instalaciju na PC/286, neophodna je specijalna dodatna hardverska kartica, sa koprocesorom i keš memorijom od 640 KB. Omnipage 2.1 može se pokrenuti isključivo pod programom koji se zove Windows. Tačnost prepoznavanja je oko 99,9% (ali zavisi od tipa i kvaliteta teksta, kao što je slučaj i kod drugih OCR programskih sistema). Dobro razdvaja tekst od slike i kolonu od kolone.

Značajno je da:

— raspoznaje specijalizovane znakove latiničkih pisama (danskog, holandskog, irskog, švedskog, italijanskog, engleskog... ukupno deset), ali ne i YU znake, kao ni znake ostalih pisama istočne Evrope;

— u tekstu mogu biti mešani fontovi i tipovi pisama — proporcionalni i neproporcionalni, slabiji kvalitet otiska, uključujući i otisak sa bilo kog matričnog štampača;

— OmniPage 2.1 ima mogućnost likuje »ligature« — povezana slova u od 8 do 72 tačka — tako da može da očitava i krupne naslove iz novina. To nije slučaj kod drugih OCR programskih sistema;

— ima veoma precizan »prozor« za izbor dela teksta, ali ne i isključenje dela teksta, što mu je mana;

— OmniPage 2.1 prepoznaje i razlikuje »ligature« — povezana slova u tekstu, mada u tom procesu pravi i greške. Iako radi na brzim konfiguracijama, brzina prepoznavanja mu nije baš velika. Deklarisana je na 40—115 cps (znakova u sekundi), mada testovi pokazuju da je najveća brzina oko 34 cps. Prepoznaje i TIF fajlove, tako da je primenljiv za prepoznavanje fax-fajlova konvertovanih u TIF, što je odlika i drugih savremenih OCR softvera;

— mana mu je što nema mogućnost učenja novih znakova. Ima ugrađen stalni HELP, što olakšava rad i korišćenje programa, a i sopstveni tekst editor, tako da se korekcija grešaka vrši bez izlaska iz programa;

— podržava skenere sedam firmi: Abaton, Agfa Canon Dest, HP, Microtek, Ricoh i Umax, ali ne i ostale skenere iz profesional klase, kao što su Kyocera, Panasonic, Princeton niti mnoge druge, verovatno zato što ne podržava rezoluciju veću od 300 dpi (tačaka po inču).

Navedeni nedostaci, ipak, ne smetaju oceni da OmniPage 2.1 predstavlja jednu od boljih OCR programskih podrški na tržištu, posebno u odnosu na tačnost, prepoznavanje i komfor u radu. Brzina prepoznavanja mu je, ipak, mala.

OmniPage je proizvod američke firme CEARE CORP, koja je nedavno proizvela novi OCR paket WordScan plus, a kod nas za sada nema zastupnika. Može se nabaviti u Nemačkoj (na

primer, kod Georg Zipfel GmbH, tel. 089/8546020, ili u Austriji (Linz) kod SoftCon GmbH tel. 0732/271190). [6]

READRIGHT INTERNATIONAL

Za ReadRight njegovi autori kažu: »prvi jeftini sa visokim performansama (eng. low-cost/high performance) topološki sistem.

Read Right nudi veću tačnost, veću fleksibilnost i jednostavnost rukovanja od bilo kog OCR programskog sistema. On je superioran i u odnosu na druge topološke sisteme. . .« [6].

Jasno je da autori vole da hvale svoj proizvod. Tek detaljnija analiza može dati pravu sliku.

To je, takođe, program »omnifont« tipa koji se može koristiti i na PC/AT i jačim konfiguracijama PC-a. Neke karakteristike su:

— prepoznaje abecede 9 zemalja zapadne Evrope. Nema mogućnost naknadnog učenja;

— za ugrađene jezike tačnost prepoznavanja mu je veća od 99,5%, pri optimalnoj kopiji unesenoj sa skenera. Otporan je na greške i prekide u konturama znakova, a takođe prepoznaje tekstove pisane na matričnim štampačima u draft modu! Nije rađen kao Windows aplikacija, ali radi pod Windowsom. Brzina prepoznavanja iznosi 110 cps na PC/AT/16 MHz, a 150 cps na PC/386. Pri smanjenju rezolucije skenera sa 300 DPI na 200 DPI brzina mu je veća za 25—35%, ali tačnost opada;

— raspad u veličini slova mu otežava prepoznavanje — prepoznaje veličine od samo 6—15 tačaka (OmniPage: 8—72), tako da nije pogodan za unošenje velikih slova iz tekstova, što može predstavljati znatno ograničenje u primeni;

— razdvaja uspešno tekst od slike, ali ima problema sa kolonama i višestrukom vertikalnom linijom sa leve strane teksta iza koje »ne vidi« tekst. Taj problem se prevazilazi upotrebom »prozora« kojima se uklanjaju ometajuće vertikale. Naime, upotrebom prozora imamo mogućnost da definišemo radnu površinu glavi skanera, tako da eliminišemo ometajuće vertikale.

I pored navedenih nedostataka, ReadRight predstavlja dobar OCR programski sistem za masovan unos malih fontova, veličine do 7 mm teksta, s obzirom na brzinu i cenu, ali prvenstveno za zapadno tržište, sa ograničenjem za naše tržište zbog nedostatka YU seta. U zapadnim zemljama može se nabaviti po niskoj ceni, a u Jugoslaviji ga nudi Hermes ,Ljubljana (uz HP ScanJet Plus Scanner). Hermes nudi i mnogo bolji TrueScan (uz dodatak specijalne kartice) za koji nemaju tehničke podatke. [6].

RECOGNITA PLUS 1.1

Proizvođač je SZKI, Recognita Corp, iz susedne Mađarske, koja za svoj OCR programski sistem kaže: »To je OCR programski sistem broj jedan na evropskom OCR tržištu. Brz, jednostavan, samoučeći, svestran, bez rivala i fleksibilan među OCR«.

Analize, testovi i neka iskustva potvrđuju visoko mišljenje proizvođača o sopstvenom proizvodu. Uostalom, dobro je prihvaćen na celom zapadnom tržištu, uključujući i SAD. Predstavlja, takođe, softver »omnifont« tipa, koji prepoznaje izmešane fontove i tipove pisama u jednom tekstu. Neke od osobina su sledeće:

— koristi specijalni algoritam sličan topološkom, ali na bazi zatvorenih kontura. To je doprinelo velikoj brzini i tačnosti prepoznavanja. Ima jednu manu — ne prepoznaje draft otisak matričnih štampača;

— u NLQ modu i u svim drugim vrstama teksta radi sa velikom tačnošću, većom nego kod drugih OCR softvera. Za dobro »naučeni« font sa čitljive kopije, tačnost prepoznavanja je preko 99,9%. Ovaku tačnost je osvojio

tek u novoj verziji i to za serije posle 14. 9. 1990. U toj seriji Recognita Plus 1.1 je za svoje susede iz Jugoslavije u internacionalnoj verziji paketa pridodala YUASCII set, a i setove za sve svoje istočne susede, tako da predstavlja jedini OCR softver sa YU setom i specijalnim akcentnim fontovima;

— za rad je dovoljan XT, a na PC/ /386 ima zavidnu brzinu prepoznavanja od 180—250 cps., što zavisi od kvaliteta kopije teksta. Na brzom PC/AT radi sa brzinama od 200 cps.;

— dobro razdvaja tekst od slike i prepoznaje i sortira tabele, ali bez mreže tabele. Podržava skoro sve skenere do 400 DPI (27 proizvođača sa više od 66 tipova skenera). Ima raspon prepoznavanja veličina slova i to od 6 do 24 tačaka (OmniPage: 8—72!);

— radi pod DOS-om i Windowsom i u BATCH modu, a podržava i dodatnu EMS memoriju;

— prepoznaje veći broj setova znakova od svih OCR paketa koji se mogu naći na tržištu, što mu daje veliku prednost, a može se generisati i korisnički set znakova ili editovati postojeći;

— funkcija »učenja« značajno povećava tačnost prepoznavanja za tekstove sa sistematskim greškama ili oštećenim slovima. Ima mogućnost razdvajanja legatura na do 3 povezana znaka. Pod Windowsom ima svoj editor prepoznatog teksta, a pod DOS-om nema. Ima mogućnost učitavanja uzdužnog (eng. »landscape«) i poprečnog (eng. »portret«) formata lista sa skenera, kao i rada sa TIF fajlovima, a dozvoljava i da se postavi više prozora za izbor ili eliminisanje teksta za prepoznavanje;

— Recognita Plus ima statistiku rada pri prepoznavanju sa podacima o procentu tačnosti, brzine i vremena prepoznavanja, što drugi nemaju u toj meri (OmniPage ne daje brzinu i vreme?!).

Dakle, ocena za Recognitu je vrlo visoka i ova verzija se može preporučiti kao optimalno rešenje za profesionalnu aplikaciju. Može se nabaviti na celom zapadnom tržištu sa priručnikom na jeziku zemlje distributera, a isporučuje se sa elektroničkom zaštitom za Centronics. U Nemačkoj ga nudi Georg Cipfel GmbH, (tel. kao za OmniPage), a u Jugoslaviji nudi i zastupa LTS iz Zemuna tel. 011/190-572 (uz profi Panasonic Scanner FX-RS506U).

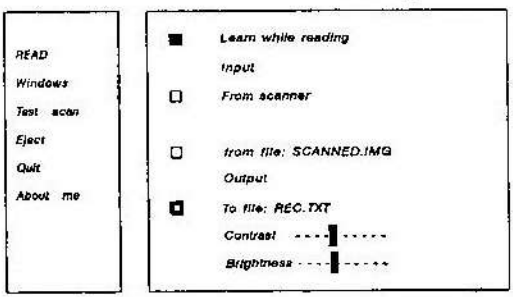
Prikažimo u daljem tekstu, kroz primer, rad sa programskom podrškom RECOGNITA 1.1.

Način upotrebe Recognita Plus 1.1 bez YU slova

Pregled ekrana i opis njihovog korišćenja

Na slici 4 vidi se početni meni za rad u programu RECOGNITA PLUS 1.1.

Pocetni ekran



Sl. 4

Meni prikazuje sledeće moguće poslove:

— READ (komanda za početak skeniranja);

— WINDOWS (uokviruje radnu površinu za glavu skenera);

— TEST SCAN (pre početka pravog skeniranja može se proveriti jedna linija radi testa, podešenost osvetljenja, kontrasta, radne površine, itd.);

— EJECT (vraća glavu skenera (čitača) u početni položaj);

— QUIT (izlaz iz programa);

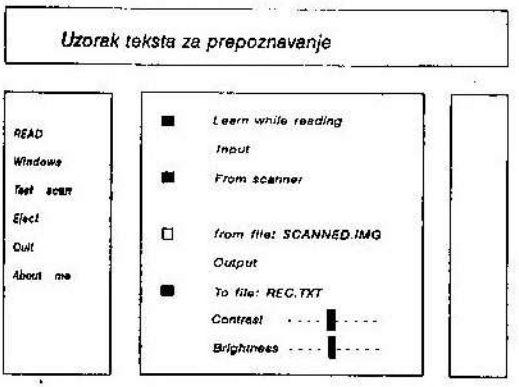
— ABOUT ME (osnovna uputstva za rad);

— LEARN WHILE READING (opcija kojom se može narediti skeneru da prilikom skeniranja stane kada dođe do znaka koji ne prepoznaje i pita nas za pomoć. Ovde on uključuje mod za učenje, tako da sledeći put kad naiđe na isti oblik može da ga prepozna bez naše pomoći.);

— FROM SCANNER ili FROM FILE (u ove dve opcije može se birati pravac odakle se učitava tekst (da li iz tekstualne datoteke ili iz skenera));

— CONTRAST i BRIGHTNESS (u zavisnosti od kvaliteta otiska na papiru možemo podešavati navedene parametre).

Podmeni: Test scan

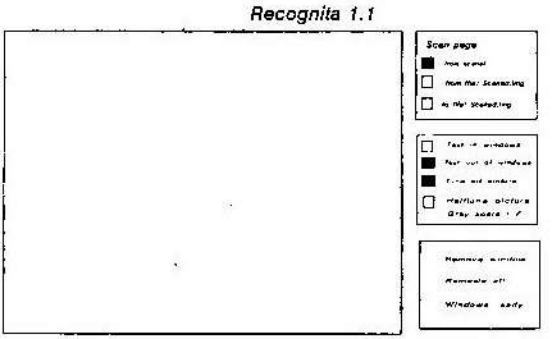


Sl. 5

Na slici 5 vidi se podmeni za testiranje skenera. U prvom praznom pravougaoniku može se videti kvalitet prve skenirane linije.

Na slici 6 vidi se podmeni WINDOWS.

Veliki levi pravougaonik predstavlja radnu površinu skenera. Uz pomoć miša možemo tu površinu definisati (da li će tekst biti u dve kolone ili u jednoj), kao i dužinu hoda čitača.



Sl. 6

Na desnoj strani se vide tri pravougaonika.

Prvi pravougaonik definiše ulaze i izlaze skeniranja. Ulaz može biti sa skenera ili spoljnja datoteka. Izlaz može biti ekran ili datoteka. Konkretan izbor se vrši tako što se levom tipkom miša klikne u mali kvadratić ispred opcije. Kada kvadratić zacrni znači da smo izabrali tu opciju, a ako je kvadratić prazan znači da tu opciju programska podrška Recognita 1.1 ne razmatra.

Drugi pravougaonik definiše šta se skenira. Može se skenirati tekst u ranije definisanom prozoru, ili tekst van definisanog prozora, uzimajući u obzir linije i slike, podešavajući osvetljenje slike. Zatim, omogućeno je i definisanje nivoa sivog.

Treći pravougaonik definiše pozicije okvira i njihov broj. Može se obrisati zadnji ucrtani okvir ili svi.

Ako smo sve navedene opcije definisali, onda pomoću leve tipke miša dobijamo poziciju WINDOWS READY.

Izvršili smo podešavanje osvetljenosti i oštrine podloge za naš kvalitet papira, definisali smo put glave skenera (radnu površinu) i iščitali prvi uzorak.

Uzorak za prvu grupu testiranja je tekst prikazan na slici 7. Kao primer uzeo sam tekst na formatu A4 jer se na njemu najbolje vide neke osobine RECOGNITA PLUS programske podrške.

4. STANJE NA TRŽIŠTU

Dakle, kakav računar, kakav skener i kakav softver?

4.1 Najpoznatiji skeneri za AT računare:

Prema trenutnom stanju samo dva profi OCR paketa mogu uspešno da rade na AT konfiguraciji, zahvaljujući, pre svega, optimalnom algoritmu za prepoznavanje ili dodatnom hardveru, izbor skenera je veliki. Profesionalnih isto tako. Većina profesionalnih OCR softvera podržava mnoge skenere, ali ističu se HP ScanJet Plus i na Panasonic FX-RS506U, koji su dokazali profesionalni kvalitet. To ipak ne znači da su Ricoh, Mikrotek ili drugi nepovoljniji, ali je za takav sud potreban poseban test i posebna analiza. Za dodatne informacije pročitati časopis MC br.8/90 iz avgusta ove godine. U njemu je objavljena i slična analiza OCR softvera sa razlikom u izboru prikazanog OCR softvera i o cenama.

4.2 Najpoznatiji softveri za AT rač unare

Odgovor je DA, MOŽE ODMAH, ali koji . . .? Radi se o tome da su sada proizvođači OCR softvera novim verzijama dostigli nivo profesionalne aplikacije i da se, bez sumnje, neki od njih sa uspehom mogu primeniti.

U narednom izlaganju analiziraćemo i testiraćemo tri paketa koji mogu konkurisati za komercijalnu ili profesionalnu aplikaciju _Omnipage 2.1, ReadRight international i Recognita Plus od 1.1 - mada su se pojavili i novi za koje kod nas još ne postoje reference.

Od američkih programa treba pomenuti WordScan Plus od Calera Recognition Systems sa cenom od 995$ i mogućnošću prepoznavanja teksta sa matričnog printera i fax-formata, kao i image-in od image-in Inc Co.koji je deklarisan kao integrisani paket za OCR, za konverziju rasterskog u vektorski format i za grafičku obradu, sa cenom od 795 $

U Nemačkoj se prodaje OPTOPUS od 11.000 DM. koji zahteva Concurent DOS, minimum PC/386 sa 4 MB RAM i dodatnu kartu sa specijalnim 32-bitnim pro-cesorom sa još 2MB RAM-a, pa ipak sa brzinom od samo 25-33 cps (znakova u sekundi).Tu je i READSTAR 6 od Inovatic-a, koji mnogo obećava, ali sa cenom od 8970 DM. On radi se novim „topološkim„ algoritmom i to uspešno na PC/AT uz veliku deklarisanu brzinu od 180 cps.

Možda ćemo pogrešiti što ne navodimo i neke druge OCR pakete, a specijalno zainteresovane upućujemo (ako nismo ciničnl) da to potraže u studiji Fros – Sulivan-a: „Scanning and Optical Recognition Equipment market in Europe„ uz cenu od studije od 3300 $.

Sl. 7

Prvi prolaz smo uradili bez opcije učenja nepoznatih slova i dobili rezultate koji se vide na slici 8. Analizirajmo dobijeni tekst.

Prvo što se može odmah uočiti jeste da je svaki novi pasus duplo pomeren u desno. Razlog tome je što skener kao ulazni uređaj prihvata obrađeni tekst sa svim vidljivim tabulatorima, a odmah zatim VENTURA (u ovom slučaju izlazni uređaj) još jednom pridoda nove tabulatore na već postojeće, što je rezultiralo pomeranjem početka svakog pasusa u desnu stranu za odgovarajući broj centimetara. Ali, to već zalazi u problematiku uređivanja teksta u stonom izdavaštvu.

Nas mnogo više interesuju greške u prepoznavanju konkretnih znakova, a one su sledeće:

— YU slova (ova verzija nije prilagođena za naša slova);

— kombinacije slova ft, tv, rt, fi, f, it, su očitane kao fv, tu, r, f, f, t.

Primećujemo da je statistika prvog prolaza: scan. time 33.6 sec., rec. time 9.5 sec. 204.1 cps, što znači da je za prepoznavanje 1 strane potrebno 9.5 sekundi i da je prepoznato 204.1 znakova u sekundi.

Uočeni nedostaci delimično se mogu otkloniti uključivanjem LEARN moda.

4. STANJE NA TRZISTU

Dakle, kakav raCunar, kakav skener i kakav sofver?

4.1 Najpoznatiji skeneri za AT racunare:

Prema trenutnom stanju samo dva profi QCR paketa mogu uspesno da rade na AT konfiguraciji, zahvaljujuci, pre svega, optimalnom algoritmu za prepoznavanje ili dodatnom hardveru, izbor skenera je veliki. Profesionalnih isto tako. Vecina profesionalnih OCR sofvera podrzava mnoge skenere, ali istiCu se HP ScanJet Plus i na Panasonic FX-RS506U, koji su dokazali profesionalni kvalitet. To ipak ne znaCi da su Ricoh, Mikrotek ili drugi nepovoljniji, ali je za takav sud potreban poseban test i posebna analiza. Za dodatne informacije proCitati Casopis MC br.8/90 iz avgusta ove godine. U njemu je objavljena i siICna analiza QCR sofvera sa razlikom u izboru prikazanog QCR sofvera i o cenama.

4.2 Najpoznatiji softveri za AT rac unare

Odgovor je DA, MOZE ODMAH, ali koji . . .? Radi se o tome da su sada proizvodaci OCR sofvera novim verzijama dostigli nivo profesionalne aplikacije i da se, bez sumnje, neki od njih sa uspehom mogu primeniti.

U narednom izlaganju analiziracemo i testiracemo tri paketa koji mogu konkurisati za komercijalnu ili profesionalnu aplikaciju Qmnipage 2.1, ReadRight International i Recognita Plus od 1.1 mada su se pojavli i novi za koje kod nas jos ne postoje reference.

Sl. 8

Drugi prolaz išao je sa uključenom opcijom LEARN mode i rezultati su prikazani na slici 9.

Pri nailasku na znakove YU slova, program je tražio pomoć, gde smo naprimer mogli reći da je:

— č, ć - - ->c. Kada naiđe na č, ć, neka to shvati kao c;

Odnosno:

— ft - - ->w. Kada naiđe na kombinaciju ft, neka to shvati kao w;

— fi - - ->f. Kada naiđe na kombinaciju fi, neka to shvati kao f;

— it - - ->i. Kada naiđe na kombinaciju it, neka to shvati kao i;

4. STANJE NA TRZISTU

Dakle, kakav raCunar, kakav skener i kakav sofver?

4.1 Najpoznatlji skeneri za AT raCunare:

Prema trenutnom stanju samo dva profi QCR paketa mogu uspesno da rade na AT konfiguraciji, zahvaljujuci, pre svega, optimalnom algoritmu za prepoznavanje ili dodatnom hardveru, izbor skenera je veliki. Profesionalnih isto tako. Vecina profesionalnih QCR sofvera podrzava mnoge skenere, ali istiCu se HP ScanJet Plus i na Panasonic FX-RS506U, koji su dokazali profesionalni kvalitet. To ipak ne znaCi da su Ricoh, Mikrotek ili drugi nepovoljniji, ali je za takav sud potreban poseban test i posebna analiza. Za dodatne informacije proCitati Casopis MC br.8/90 iz avgusta ove godine. U njemu je objavljena i sliCna analiza OCR sofvera sa razlikom u izboru prikazanog OCR sofvera i o cenama.

4.2 Najpoznatiji softveri za AT rac unare

Odgovor je DA, MQZE QDMAH, ali koji . . .? Radi se o tome da su sada proizvodaCi OCR sowvera novim verzijama dostigli nivo profesionalne aplikacije i da se, bez sumnje, neki od njih sa uspehom mogu primeniti.

U narednom izlaganju analiziracemo i testiracemo tri paketa koji mogu konkurisati za komercijalnu ili profesionalnu aplikaciju Omnipage 2.1, ReadRight international i Recognita Plus od 1.1 mada su se pojavil i novi za koje kod nas jos ne postoje reference.

Sl. 9

— ž - - ->z. Kada naiđe na ž, neka to shvati kao z;

— š - - ->s. Kada naiđe na š, neka to shvati kao s;

— đ - - ->d. Kada naiđe na đ, neka to shvati kao d.

— rt - - ->? Kada naiđe na kombinaciju rt, neka to shvati kao ?.

I kod ovog prolaza može se pratiti statistika:

scan. 33.4 sec,. rec. time 9.2 sec., 210.7 cps.

U trećem prolazu RECOGNITA više ne zastaje kod YU slova i navedenih znakova, jer ih je naučila. Rezultati su prikazani na slici 10.

— fi - - ->f. Kombinaciju fi, prepoznaje kao f;

— f. - - ->f. Kombinaciju f., prepoznaje kao f;

4. STANJE NA TRZISTU

Dakle, kakav raCunar, kakav skener i kakav sowver?

4.1 Najpoznatiji skeneri za AT racunare:

Prema trenutnom stanju samo dva profi QCR paketa mogu uspesno da rade na AT konfiguraciji, zahvaljujuci, pre svega, optimalnom algoritmu za prepoznavanje ili dodatnom hardveru, izbor skenera je veliki. Profesionalnih isto tako. Vecina profesionalnih OCR sowvera podrzava mnoge skenere, ali istiCu se HP ScanJet Plus i na Panasonic FX-RS506U, koji su dokazali profesionalni kvalitet. To ipak ne znaCi da su Ricoh, Mikrotek ili drugi nepovoljniji, all je za takav sud potreban poseban test i posebna analiza. Za dodatne informacije proCitati Casopis MC br.8/90 iz avgusta ove godine. U njemu je objavljena i sliCna analiza OCR sowvera sa razlikom u izboru prikazanog OCR sowvera i o cenama.

4.2 Najpoznatiji softueri za AT rac unare

Odgovor je DA, MQZE ODMAH, ali koji . . .? Radi se o tome da su sada proizvodaCi OCR sowvera novim verzijama dostigli nivo profesionalne aplikacije i da se, bez sumnje, neki od njih sa uspehom mogu primeniti.

U narednom izlaganju analiziracemo i testiracemo tri paketa koji mogu konkurisati za komercijalnu ili profesionalnu aplikaciju Omnipage 2.1, ReadRight international i Recognita Plus od 1.1 mada su se pojavli i novi za koje kod nas jos ne postoje reference.

Sl. 10

Uočićemo da su statistički rezultati prepoznavanja relativno uspešniji i oni su:

scan. time 33.9 sec., rec. time 8.6 sec., 225.4 cps.

Četvrti prolaz smo uradili nad istim uzorkom, ali oštrinu slike ili razlike prednjeg dela i pozadine slike smo smanjili na 0 (kontrast).

Uočavaju se različiti problemi tipa:

— 4. - - ->4. Kombinaciju 4., prepoznaje kao 4;

— it - - ->i. Kombinaciju if, prepoznaje kao i.

Statistički rezultati prepoznavanja su: scan.time 33.3 sec., rectime 9.8 sec., 197.2 cps.

Uzorak za drugu grupu testova je tekst otkucan u Venturi sa različitim veličinama slova, ali i sa različitim fontovima.

Naglasićemo samo konačne rezultate.

4. STANJE NA TRZISTU

Dakle, kakav raCunar, kakav skener i kakav sowver?

4.1 Najpoznatiji skenerl za AT raCunare:

Prema trenutnom stanju samo dva profi QCR paketa mogu uspesno da rade na AT konfiguraciji, zahvaljujuci, pre svega, optimalnom algoritmu za prepoznavanje ili dodatnom hardveru, izbor skenera je veliki. Profesionalnih isto tako. Vecina profesionalnih OCR sowvera podrzava mnoge skenere, ali istiCu se HP ScanJet Plus i na Panasonic FX-RS506U, koji su dokazali profesionalni kvalitet. To ipak ne znaCi da su Ricoh, Mikrotek ili drugi nepovoljniji, ali je za takav sud potreban poseban test i posebna analiza. Za dodatne informacije proCitati Casopis MC br.8/90 iz avgusta ove godine. U njemu je objavljena i sliCna analiza OCR sowvera sa razlikom u izboru prikazanog OCR sowvera i o cenama.

4.2 Najpoznatiji softweri za AT rac unare

Odgovor je DA, MQZE ODMAH, ali koji . . .? Radi se o tome da su sada proizvodaCi OCR sowvera novim verzijama dostigli nivo profesionalne aplikacije i da se, bez sumnje, neki od njih sa uspehom mogu primeniti.

U narednom izlaganju analiziracemo i testiracemo tri paketa koji mogu konkurisati za komercijalnu ili profesionalnu aplikaciju Omnipage 2.1, ReadRight international i Recognita Plus od 1.1 mada su se pojavli i novi za koje kod nas jos ne postoje reference.

Sl. 11

U standardnom modu RECOGNITA je napravila najviše grešaka u fontu veličine 6 (helvetica), ali i kod helvetice 8 i roman 12. Rezultati su prikazani na slici 13.

Statistika pokazuje: scan. time 33.6 sec., rec. time 0.9 sec., 128.8 cps.

U LEARN modu rezultati su mnogo bolji, ali i dalje se uočavaju greške kod helvetike veličine 6.

scan. time 33.7 sec., rec. time 0.9 sec., 128.8 cps.

Ova grupa testova pokazuje da RECOGNITA 1.1 nije baš tako moćna kao što njeni proizvođači govore kada je u pitanju njena praktična primena.

Zaključak

Sa aspekta upotrebe programskog sistema RECOGNITA 1.1 i prikazanih testova nameću se sledeći zaključci:

— **Learn mod** znatno povećava perfomanse programske podrške;

— ako se posmatra LEARN mod sa stanovišta broja uzoraka za obučavanje jednom naučena nepoznata kombinacija na svakom sledećem mestu gde se pojavljuje mora biti prepoznata, bez obzira na to da li se radi o jednom uzorku ili skupu uzoraka istog tipa. Ovde treba eliminisati realne probleme kod slučaja grupe uzoraka kao što su različit kvalitet papira, zakošenost redova teksta u odnosu na put glave skenera, itd.;

PROBNI UZORAK

PROBNI UZORAK

PROBNI UZORAK

Literatura:

[1] K. S. Fu, Digital Pattern Recognition, Springer-Verlag, Berlin, 1976.

[2] D Acketa, Odabrana poglavlja teorije prepoznavanja oblika sa primenama, Institut za matematiku, Novi Sad, 1986.

[3] J. C. Simon, »Short Survey of Character Recognito of Handprinted Characters«, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. pami-6, No. 4, Julu, 1984.

[4] »Mikrotek MSF-300A Intelligent image scanner — Operation manuel«, Doc. No. 149-000164, First Edition, 2nd Printing, February, 1989.

[5] »EyeStar Plus«, Users Guide, Dec No. 149-000030, Third Edition, March 1989.

[6] Ignjatović, Dejan. Kad kompjuteri čitaju, Računari, 66.

[7] README. DOC for Recognita Plus, Internacional Version, Release 1.1.

[8] Ivan Šeškar, Prepoznavanje znakova prirodnih jezika, diplomski rad, Novi Sad, oktobar, 1886.

Milan Krajniker,
kapetan I klase, dipl. inž.

Tvrdi diskovi

Ovaj članak govori o tvrdim diskovima kao osnovnom trajnom memorijskom mediju kod PC računara. Na početku je dat kratak pregled konstrukcije tvrdog diska. Sam članak se bavi karakteristikama tvrdog diska koji su od velikog značaja pri gradnji računarskog sistema (kao što su vreme pristupa i brzina prenosa), organizacijom memorijskog prostora diska na osnovi njegovog fizičkog i logičkog formata, kao i upotrebom tvrdog diska. Dat je i kratak opis prekidnog sistema za komunikaciju sa diskom.

Uvod

Tvrdi disk (hard drive) jeste magnetski medijum za trajno čuvanje velikog broja podataka i spada u spoljašnje masivne memorije računara. Odigrao je presudnu ulogu u razvoju personalnih računara (PC), kada je od diskete preuzeo epitet osnovnog medija za čuvanje i »podizanje« operativnog sistema. Danas su tvrdi diskovi neizbežan element svakog PC, čak procena karakteristika računara umnogome zavisi od karakteristika tvrdog diska koji je u njega ugrađen, pogotovo ako je računar namenjen za obrade baza podataka ili rad programa koji imaju visoku frekvenciju obraćanja disku.

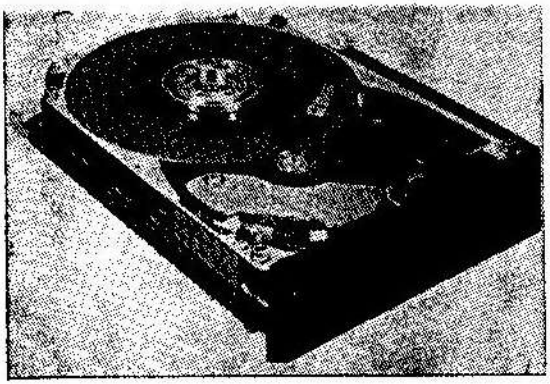
Danas se u PC računarima nalaze tvrdi diskovi 2.5", 3.5" i 5.25", vrlo različitih tipova i karakteristika, npr. kapacitet im se kreće od 20MB do više stotina MB. Ako zanemarimo brojčane podatke, suštinski ne postoje neke bitnije razlike između različitih tvrdih diskova, pa čak ni između tvrdih diskova i disketa, jer se radi o istom principu zapisivanja podataka. Svi pojmovi objašnjeni su [1] za diskete važe i za tvrde diskove, pa će u okviru ovog članka biti detaljnije objašnjene samo specifičnosti vezane za tvrdi disk. Cilj članka je da uputi na najvažnije aspekte upotrebe, tendencije razvoja i na eventualne uzorke poteškoća u radu.

Konstrukcija tvrdog diska

Tvrdi disk bi mogli opisati kao skup disketa u jednom kućištu, ali je on mnogo više od toga. Za razliku od diskete, čiji hardverski sistem za pristup podacima predstavljaju samo disketa, disketni pogon i kontroler disketnog pogona, kod tvrdog diska ne postoji striktna podela na disk i njegov pogon, već oni zajedno čine jednu celinu. Postoji, čak, tendencija da u tu celinu uđe i disk kontroler. Očekivanja su da će se tim sjedinjavanjem celokupne elektronike i mehanike diska prevazići mnogi problemi, a da će performanse biti znatno bolje. Zbog toga se pri navođenju karakteristika tvrdog diska javljaju mnogi parametri koji su, inače, karakteristični za pogon diska i zavise umnogome i od kontrolera diska, a koji u [1] nisu navedeni, jer za diskete nisu ni kritični, pošto su one daleko sporije.

Osnova tvrdog diska je paket od nekoliko tankih plastičnih diskova — ploča, koje su međusobno nepomične i rotiraju konstantnom brzinom 3600 o/min. Ploče su sa jedne ili obe strane premazane feromagnetnim materijalom. Svakoj premazanoj strani pripada jedna magnetna glava za čitanje — upisivanje podataka. Magnetne glave su, takođe, međusobno nepokretne, a radijalno ih pomera sistem za pozicioniranje. Sve je u hermetizovanom kućištu.

Koliko je tvrdi disk precizan uređaj najbolje govori podatak da je tvrdi disk sa 16 ploča i 32 glave sa svom pripadajućom elektronikom i mehanikom visok svega 41 mm. Unutrašnjost jednog tvrdog diska prikazana je na slici 1.



Sl. 1 — Tvrdi disk

Usled rotacije ploča velikom brzinom u hermetički zatvorenom prostoru, između ploča i magnetnih glava stvara se vazdušni jastuk debljine nekoliko desetina μm, pa magnetne glave ne naležu na površinu ploče, kao što je to bio slučaj kod diskete. Pošto nema trenja, moguće su veće brzine rotacije. Osim toga, omogućeno je da se disk okreće dok radi računar, pa nije potrebno trošiti vreme na zaletanje diska pri svakoj operaciji čitanja — upisivanja podataka na disk. Šta više, pri uključivanju računara tek kad tvrdi disk postigne potreban broj obrtaja počinje testiranje memorije i podizanje operativnog sistema, što, samo po sebi, dovoljno govori o značaju tvrdog diska u računarskom sistemu.

Klasični tvrdi disk spada u neizmenljive medije, pošto se magnetne ploče ne mogu zamenjivati, kao diskete. U novije vreme, razvijen je i izmenljivi tvrdi disk, kod kojeg su ploče i magnetne glave sa najneophodnijim sklopovima izdvojeni u hermetizovano kućište, a pogon i kontroler se nalaze u računaru. Tako su ujedinjene prednosti diskete, mogućnost zamene i povećanje kapaciteta onoliko puta koliko ima zamenljivih diskova, zamenljivi disk je jevtiniji, jer je jednostavniji sa svim dobrim osobinama tvrdog diska (pre svega, veliki kapacitet i velika brzina pristupa).

Fizički format tvrdog diska

Već je rečeno da tvrdi disk sadrži nekoliko ploča, ali su samo premazane strane ploča strane diska u okviru njegovog fizičkog formata. Strane diska su numerisane, gornja strana gornje ploče je strana 0 diska, donja strana iste ploče je strana 1, gornja strana druge ploče je strana 2, donja je strana 3, itd. Fizički format tvrdog diska se, u principu, ne razlikuje od fizičkog formata diskete [1]. Strane su podeljene na staze, koje su u okviru strane numerisane, počev od staze najbliže obodu koja je nul-

Tabela 1

Podaci o nekoliko tvrdih diskova

Proizvođač I tip diska	Kapacitet (MB)	Broj			Visina (mm)
		Cilindara	Glava	Sektora	
Quantum 40AT	40	965	5	17	24
Quantum 52AT	52	751	8	17	24
Quantum AT80	80	965	8	17	41
Quantum AT105	105	751	16	17	24
Quantum 170A	170	968	13	34	41
Quantum 210A	210	873	16	36	41
Quantum 425S	425	405	32	64	41
Fujitsu M2612ET	90	667	8	33	40
Fujitsu M2614ET	180	667	16	33	40
Digital WD93044	40	977	5	17	40
Maxtor 8051AT	40	744	4	28	38
Maxtor 7080AT	82	981	10	17	25
Impulse 120AT	120	814	9	32	—
Seagate ST1102A	86	1021	5	33	41
Seagate ST357AX	42	820	6	17	41
Seagate ST1239A	211	818	14	36	41

ta, do nje je staza 1, itd. Staze su grupisane u cilindre, tako da sve nulte staze čine nulti cilindar, sve staze koje su označene brojem 1 čine cilindar broj 1, itd. Staze su izdeljene na sektore. U okviru fizičkog formata i sektori su numerisani u okviru svake staze, počev od broja 1.

Za razliku od načina numeracije sektora na stazi koji je važeći za diskete, kod diskova sektori ne moraju biti numerisani redom. Razlog za to je usklađivanje karakteristika diska sa karakteristikama puta za prenos podataka do ili iz računara, jer, ukoliko je očitavanje sekvencijalnih sektora podataka sa diska brže od prenosa podataka u računar, dešava se da je sektor koji treba pročitati već prošao ispod glave i da treba sačekati čitav okret diska da bi bilo moguće čitanje sadržaja tog sektora.

Eksploatacione karakteristike

Osim kapaciteta diska, što je, svakako, za korisnika od velike važnosti, često su potrebni i podaci o brzini kojom možemo doći do željenih podataka koji su na disku ili koliko je vremena potrebno da datoteke budu zapisane na disk. Ovi podaci bitno opredeljuju brzinu izvršenja programa, a za nekoliko tipova tvrdih diskova dati su u tabeli 2. Ovi podaci su sistematizovani na osnovu literature [6] do [10].

Potrošnja diska (P) vrlo je bitna za svaki električni uređaj, ali je za diskove koji su magnetni mediji bitno i to da se najveći deo električne energije pretvara u toplotu koja negativno utiče na magnetske osobine materijala, pa je poželjno da bude što manja.

Zato se uvodi tzv. *faktor redosleda* (interleave factor), koji određuje redo-

Tabela 2

	kap. (MB)	P (VA)	Ts s (μs)	T_{BIDG} (μs)	T_{DDG} (μs)	Pp (kB/s)
Quantum 40AT	40	8	2.38	20.96	—	676
Quantum 52AT	52	6	4.80	18.02	23.07	—
Quantum AT80	80	8	3.17	20.38	23.96	—
Quantum AT105	105	6	4.72	17.04	20.25	—
Quantum 170A	170	13	6.81	15.09	19.08	775
Quantum 210A	210	13	6.99	15.43	18.84	764
Quantum 425S	425	13	7.42	16.27	18.25	1152
Fujitsu M2612ET	90	9	10.53	18.51	—	407
Fujitsu M2614ET	180	9	10.49	18.10	23.45	475
Fujitsu M2616ET	104	9	9.14	18.95	—	493
Digital WD93044A	40	12.6	1.90	27.66	31.76	—
Digital WD2120	125	4.6	2.6	13.68	—	1413
Digital WD4200	210	9.2	3.52	13.86	15.85	1500
Maxtor 8051A	40	9	7.45	26.37	31.88	—
Maxtor 7080AT	82	13.5	5.79	17.35	19.91	672
Impulse 120AT	120	12	6.7	15.23	17.68	659
Seagate ST1102A	86	9	1.02	18.57	20.51	550
Seagate ST1239A	211	9	3.92	15.49	17.68	930

sled numerisanja sektora u okviru staze. Faktor redosleda može imati vrednosti 1, 2, 3. Ako je faktor redosleda 1, numerisanje je sekvencijalno, na primer, za disk sa 17 sektora na stazi:

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17;

uz faktor redosleda 2 redom brojeve dobija svaki drugi sektor:

01 10 02 11 03 12 04 13 05 14 06 15 07 16 08 17 09;

uz faktor redosleda 3 uzastopne brojeve dobija svaki treći sektor:

01 07 13 02 08 14 03 09 15 04 10 16 05 11 17 06 12.

Faktor redosleda potrebno je uneti pri fizičkom formatiranju diska, koje obično obavi proizvođač. Fizičko formatiranje može obaviti i korisnik, ali to nije preporučljivo za one sa manje iskustva, jer fizički format zavisi od konstrukcije samog tvrdog diska i promena parametara, u okviru kojih i faktor redosleda može bitno narušiti karakteristike diska.

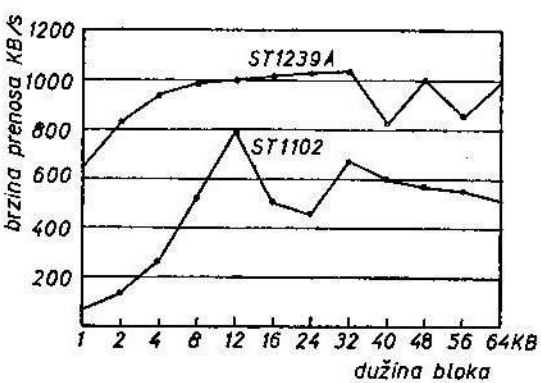
Ukupan broj strana, cilindara diska i sektora na jednoj stazi nije striktno određen i zavisi od konkretnog proizvođača. Ukoliko disk ima veći broj strana, potrebno je više magnetnih glava. Ako je, pak, broj strana manji, za isti kapacitet potrebno je imati veći broj cilindara, pa je kritičniji problem pozicioniranje magnetnih glava i potrebna je veća gustina zapisa. Osim toga, ranije verzije DOS-a nisu ni dopuštale više od 1024 cilindra. Radi ilustracije, u tabeli 1 dati su podaci za neke tvrde diskove.

Vreme prelaska sa taze na stazu (Ts s) jeste potrebno vreme da sistem za pozicioniranje pomeri glavu sa jedne staze na njoj susednu stazu.

Vreme pristupa je potrebno vreme da sistem za pozicioniranje premesti glavu iz trenutnog položaja na stazu u kojoj se nalaze potrebni podaci. Kako je udaljenost između ova dva položaja magnetne glave proizvoljna, koristi se *prosečno vreme pristupa*. Podacima na disku moguće je pristupiti preko DOS-a i tada se definiše prosečno vreme pristupa kroz DOS (T_{DOS}), ili preko BIOS-a, pa se definiše prosečno vreme pristupa kroz BIOS (T_{BIOS}). Ukoliko je pristup preko DOS-a, adresiranje je preko logičkog formata [1] (logički format tvrdog diska ukratko će biti analiziran kasnije), a BIOS logičke adrese pretvara u fizičke. Preko BIOS-a adresiranje je direktno fizičkim adresama: broj cilindra — broj strane — broj sektora. Zato je prosečno vreme pristupa preko BIOS-a kraće nego preko DOS-a.

Vreme čekanja je potrebno vreme da ispod magnetne glave naiđe sektor u kojem su željeni podaci od trenutka kada je glava postavljena iznad staze. Kako je rastojanje između sektora koji se našao ispod glave u trenutku kad je ona postavljena na stazu i sektora u kojem se nalaze potrebni podaci proizvoljno, definiše se *prosečno vreme čekanja*, koje je jednako vremenu potrebnom da disk napravi polovinu okreta. Svi diskovi rotiraju istom brzinom, pa je prosečno vreme čekanja za sve diskove jednako, približno 8.3 ms.

Brzina prenosa (V_P) jeste brzina kojom se bitovi očitavaju sa diska i prenose u računar. To bi bila jednostavna definicija ukoliko bi sekvencijalno čitali ceo disk, ili ukoliko bi čitali samo datoteke koje nisu rasparčane. Osim to-



Sl. 2 — Zavisnost brzine prenosa od dužine blokova

ga, brzina prenosa ne zavisi samo od mehanike tvrdog diska već i od propusne moći prenosnih puteva (kontrolera diska), faktora redosleda, veličine datoteka, odnosno blokova podataka koji se prenose. Primer zavisnosti brzine prenosa od dužine blokova podataka prikazan je grafikonom na slici 2.

Definicija brzine prenosa je previše opšta, pa je češće u upotrebi *prosečna brzina prenosa.* Težnja je da prosečna brzina prenosa bude što veća, i to je razlog da ne bude sve prepušteno mehanici tvrdog diska, već se disku pridodaju ultrabrze memorije (cache) [2] koje karakteriše vrlo kratko vreme pristupa, standardno 80 do 100 μs i mikroprocesori za upravljanje radom u okviru kontrolera diska (IDE kontroleri). Na taj način se, uz specijalne algoritme za upravljanje radom ultrabrze memorije (keširanje) i optimizaciju dodele memorijskog prostora diska, rezultati znatno popravljaju. Veličina ultrabrze memorije je različita kod raznih diskova, na primer, disk QUANTUM 40AT ima 96 KB, QUANTUM AT80 ima 256 KB ultrabrze memorije, a mnogi, pogotovo stariji modeli je nemaju. Za modele koji nemaju kontrolere sa ultrabrzom memorijom pruženo je drugo rešenje u vidu programskih paketa koji deo operativne memorije računara dodeljuju isključivo tvrdom disku za »keširanje« i upravljaju tim procesom.

Organizacija memorijskog prostora

Ukupan memorijski prostor tvrdog diska može biti korišten kao jedinstven kontinuirani prostor, ili je moguće podeliti ga na particije, logičke diskove, pri čemu je jedinica podele najčešće cilindar, mada to ne mora biti isključivo pravilo. Podela diska na particije je posledica prvih verzija DOS-a (do 3.31), koje nisu podržavale disk većeg kapaciteta od 32MB. Na tržištu se javljaju sve savremeniji programski paketi, sa znatno većim mogućnostima, pa je za njihovo instaliranje na disk potreban i znatno veći memorijski prostor. Osim toga, i računar je retko namenjen isključivo za jedan programski paket. Tako je 32MB kapaciteta diska postalo ne samo tesno već i nedovoljno, pa je potreban kapacitet diska danas preko 100MB. Ranije verzije DOS-a bi takav prostor delile na particije, čija je dužina manja od 32MB. Novije verzije DOS-a (4.1 i 5.0) ispravile su taj nedostatak i podržavaju proširene (extended) particije, tako da ceo disk većeg kapaciteta može biti dodeljen samo jednoj particiji. Drugi razlog za podelu diska na particije je potreba da jedan računar koristimo pod različitim operativnim sistemima (DOS, UNIX, XENIX, OS/2...), pa je svakom potrebno dodeliti jedan disk ili jednu ili više particija jednog diska. Podela diska na particije vrši se nakon fizičkog formatiranja diska, DOS-ovom komandom FDISK ili nekim uslužnim programom kakav je, na primer, disk menadžer DM, a pre logičkog formatiranja, koje za DOS particiju vrši komanda FORMAT. Logičko formatiranje odnosi se isključivo na particiju i prilagođava je konkretnom operativnom sistemu. Upotrebom komande FORMAT na korištenom disku, koji već sadrži datoteke, gube se samo datoteke u okviru particije na koju se komanda FORMAT odnosi.

BIOS podržava podelu diska do maksimalno 4 particije, a informacije o particijama čine tabelu particije. Tabela particija je deo fizičkog diska, a nije deo nijednog logičkog diska (particije), pa joj nije moguće pristupiti na uobičajen način, već isključivo preko BIOS-a. Za tabelu particija obavezno je rezervisana nulta staza nulte strane diska, dakle 17 ili više sektora, iako sama tabela zauzima samo deo prvog sektora te staze. Na početku sektora tabele particija nalazi se program za izbor operativnog sistema (ukoliko ih ima više) i izračunavanje početne adrese programa za »dizanje« operativnog sistema. Za DOS to je adresa startnog zapisa. Informacije o svakoj particiji zauzimaju 32 bita i nalaze se na lokacijama

01BEH, 01CEH, 01DEH i 01EEH u sektoru, i sadrže sledeće elemente:

— da li je particija butabilna ili ne, odnosno da li sadrži program za podizanje operativnog sistema;

— adresu prvog sektora koji je dodeljen particiji, odnosno, broj strane, staze i sektora po fizičkom formatu diska za prvi sektor particije;

— da li je DOS particija, i ako jeste da li je standardna ili proširena,

— adresu poslednjeg sektora koji je dodeljen particiji, takođe po fizičkom formatu,

— offset, udaljenost particije od početka diska u sektorima,

— koliko je ukupno sektora dodeljeno particiji.

Logički format svake DOS particije ekvivalentan je logičkom formatu diskete šlć. Sektori u okviru particije imaju svoje brojeve po logičkom formatu, s tim da logički broj zadnjeg sektora zavisi od toga koliko je sektora ukupno dodeljeno DOS particiji. Memorijski prostor particije podeljen je na sistemski deo i deo za datoteke. Sektori koji pripadaju delu prostora particije za datoteke grupisani su u klastere, koji su, najčešće, dužine 2, 4 ili 8 sektora, zavisno od dužine particije. Broj sektora u klasteru može biti različit za particije istog diska. Sistemski deo, kao i kod disketa, čine:

— startni zapis, koji je smešten u prvi sektor dodeljen particiji, sadrži informacije o particiji kao logičkom disku, a ne o čitavom tvrdom disku. Sektori koji su dodeljeni prethodnim particijama na disku tretiraju se kao skriveni. Struktura startnog zapisa je ista kao i struktura startnog zapisa disketa;

— tabela dodele prostora datotekama (FAT) koja sadrži informacije o stanju klastera. Za particije veće dužine te informacije su dvobajtne, a samo za kratke particije su kao i kod disketa dužine 12 bita (1.5 bajt). Značenje dvobajtne FAT informacije o klasteru dato je u tabeli 3;

Tabela 3

Značenje dvobajtne FAT informacije

Vrednost (hex)	Značenje
0000	slobodan klaster
0002 — FFEF	zauzet klaster, vrednost predstavlja broj sledećeg klastera datoteke
FFF0 — FFF6	klaster je rezervisan
FFF8	klaster je loš, nije za upotrebu
FFF9 — FFFF	poslednji klaster datoteke

— glavni direktorijum, koji može sadržavati maksimalno 512 ili 1024 elementa, zavisno od dužine particije.

Prekidi za komunikaciju sa diskom

Komunikacija između procesora i perifernih uređaja, pa i tvrdog diska ili diskete, obavlja se upotrebom prekida. Tako i naredbe operativnog sistema, nekog uslužnog programskog paketa ili programskog jezika su u stvari razrađene procedure za pristup disku koje se oslanjaju na sistem prekida. Prekidi mogu biti softverski i hardverski. Hardverski prekidi zavise od konkretne konstrukcije računara, sa stanovišta korisnika uglavnom služe za signalizaciju greške u radu nekog uređaja, pa nadalje neće biti pominjani. Softverski prekidi za komunikaciju sa diskom mogu biti prekidi DOS-a ili prekidi BIOS-a.

Prekidi izvedeni preko DOS-a nisu hardverski zavisni, ali nemaju sve mogućnosti BIOS prekida, jer uvažavaju logički format diska, osim prekida 25H i 26H koji predstavljaju vezu prema BIOS-u. Prekid može imati više funkcija, koje su za svaki prekid označene brojem. Broj funkcije prekida prenosi se preko AH registra računara. Tako DOS prekid 21H ima nekoliko funkcija prekida koji se odnose na sam disk, a dati su u tabeli 4.

Tabela 4

Prekidi DOS-a koji se odnose na disk

Prekid broj	Funkcija	Opis
21H	0EH	sadržaj DL registrira određuje koji je disk tekući: 0=A, 1=B, 2=C...
	19H	očitava koji je disk tekući, rezultat je u AL registru
	18H	očitava informacije o tekućem uređaju, rezultat je u AL, CX, BX, DX i DS registru
	36H	očitava podatak o slobodnom prostoru na disku, rezultat je u AX, BX, CX, DX i DS
	59H	daje informacije o greškama, kod greške je u AX registru
25H		čitanje sa fizičke adrese diska
26H		pisanje na fizičku adresu diska

Pri svakom pristupu sadržaju diska operativni sistem rezerviše u memoriju oblast standardne dužine koja je jednaka dužini sektora (512 bajtova), ako nije posebno definisano (često je 128 bajtova), koja služi za prenos podataka sa diska ili na disk, i naziva se DTA (disk transfer area). Ukupan broj DTA koje računar u toku rada može koristiti određuje komanda BUFFERS u okviru CONFIG. SYS datoteke, a maksimalan broj je za DOS 5.0 ograničen na 99. Ukoliko ova komanda nije navedena u CONFIG. SYS, operativni sistem sam ograničava dozvoljeni broj DTA, u zavisnosti od količine raspoložive operativne memorije. Kao što je verovatno poznato, operativna memorija računara podeljena je na logičke jedinice — segmente, a mesto DTA u memoriji određeno je adresom segmenta i adresom početne memorijske lokacije u okviru segmenata. Pri izvršenju prekida adresi segmenta dodeljen je DS registar računara, a adresi početne lokacije DX registar. Na DTA se odnose tri funkcije DOS prekida 21H, koje su date u tabeli 5.

Tabela 5

Funkcije prekida 21H koje se odnose na DTA

Funkcija	Efekat
0DH	prazni sve otvorene DTA, njihov sadržaj upisuje na disk, ne ažurira sistemske podatke na disku
1AH	definiše novu adresu DTA sadržajem BS:BX registrira
2FH	adresa postojeće DTA je u registrima BS:BX

Osim do sada navedenih, postoje i prekidi koji iniciraju operacije nad sadržajem diska, a koje bi, uslovno, mogli podeliti na prekide za pristup datotekama i prekide za pristup direktorijumima, odnosno poddirektorijumima.

Prekidi za pristup datotekama koriste se za otvaranje, zatvaranje datoteka, promenu njenog imena, atributa, sistemskih podataka ili sadržaja datoteka u toku izvršenja programa. Sadržaj datoteke organizovan je u slogove, koji su standardno dužine 128 bajtova, ako to nije drugačije definisano.

Pre bilo koje operacije nad sadržajem datoteke, datoteka mora biti otvorena, što podrazumeva da u memoriji postoji posebno rezervisan prostor u kojem su zapisani bitni podaci o datoteci, tzv. *kontrolni blok datoteke* — FCB (File Control Block). Adresiranje FCB-a je, takođe, registrima DS i DX, kao i za DTA. FCB ostaje u memoriji do zatvaranja datoteke, a ukupan broj FCB koji mogu istovremeno u memoriji je ograničen DOS komandom FCBS u CONFIG. SYS datoteci.

Standardna dužina FCB je 20 bajtova, ali ukoliko su posebni zahtevi, na primer, pri direktnom pristupu slogu, ili ukoliko su interesantni atributi dato-

Tabela 6

Struktura proširenog FCB

Adresa	Značenje	Početna vrednost
0000H	kod diska na kojem je datoteka tekući i=0, A=1, B=2, C=3...	
000CH	tekući blok	
000EH	dužina sloga	
0010H	dužina datoteke	00H
0014H	datum formiranja datoteke	0080H
0016H	vreme formiranja datoteke	
0020H	broj sloga pri direktnom pristupu	
0020H	atributi datoteke	

Tabela 7

Funkcije prekida 21H za pristup datotekama

Funkcija	Opis
0FH	otvaranje datoteke
10H	zatvaranje datoteke
13H	brisanje datoteke
14H	sekvencijalno čitanje slogova datoteke
15H	sekvencijalni upis u datoteku
16H	formiranje nove datotkee ili brisanje sadržaja
17H	promena imena datoteke
21H	direktno čitanje izabranog sloga datoteke
22H	direktno pisanje u izabrani slog datoteke
23H	traženje informacije o broju slogova
24H	definisanje broja slogova za direktan pristup
43H	očitavanje ili promena atributa datoteke
5AH	formiranje privremene datoteke

teke, formira se proširenI FCB. Struktura FCB prikazana je u tabeli 6. Izuzetak od ovakve strukture su FCB koje DOS otvara pri promeni imena datoteke, kad je u FCB staro ime datoteke, 6 bajtova razmaka i novo ime datoteke. Podatke u FCB upisuje DOS pri otvaranju datoteke.

Pre završetka programa potrebno je datoteku zatvoriti, da bi bili ažurirani sistemski podaci na disku ukoliko je datoteka novoformirana, proširivana, i slično. Da bi u okviru programa mogle biti izvršene sve operacije nad datotekama, postoje odgovarajuće funkcije prekida 21H, od kojih su neke navedene u tabeli 7.

Prekid za pristup direktorijumima imaju zadatak da omoguće korisniku da u svom programu formira ili ukloni poddirektorijum, odredi tekući direktorijum, pročita ili pretražuje sadržaj direktorijuma po određenom kriterijumu, bez potrebe za vraćanjem u DOS i upotrebe njegovih naredbi MD, RD, CD i dir. Sve ove operacije inicira prekid 21 svojim funkcijama, datim u tabeli 8.

Tabela 8

Funkcije prekida 21H za pristup direktorijumu

Funkcija	Opis
11H	pretraživanje sadržaja direktorijuma dok se ne pronađe datoteka odgovarajućeg imena i atributa
12H	pretraživanje sadržaja direktorijuma dok se ne pronađe sledeća datoteka odgovarajućeg imena i atributa nakon prekida 11H
39H	formiranje poddirektorijuma
3AH	uklanjanje poddirektorijuma
3BH	definisanje tekućeg direktorijuma
4EH	kao 11H
4FH	kao 12H

Prekidi BIOS-a iniciraju brže izvršavanje operacija, ali su hardverski zavisni, pa mogu imati različite efekte na računarima različitih proizvođača. Pošto je potrebno dobro poznavanje konkretnog računara, ređe se koriste. Na diskove se odnosi BIOS prekid 13H. Funkcije ovog prekida prikazane su u tabeli 9.

Tabela 9

Funkcije BIOS prekida 13H

Funkcija	Opis
00H	resetuje kontroler diska
01H	očitava bajt statusa diska
02H	čitanje jednog ili više sektora diskete
03H	upisivanje u jedan ili više sektora
04H	verifikovanje sektora diska
05H	formiranje nove staze

Zaključak

Pri usavršavanju računarskih sistema poklanja se pažnja i najsitnijim detaljima kojima se mogu popraviti performanse sistema. Posebna pažnja, svakako, pripada vitalnim uređajima u koje, svakako, spada tvrdi disk. Težnja je da brzina rada diska bude usklađena sa brzinom rada mikroprocesora uz što veći kapacitet, ali i da tvrdi disk bude i izmenjivi medijum. Za ostvarenje tog cilja koriste se sve savremenije tehnologije za upravljanje radom mehanike diska, ali i elektronskih sklopova kontrolera diska, pa disk kontroleri danas već predstavljaju računar za sebe. Sva poboljšanja, svakako, imaju svoj odraz u ceni, pa je pri konfiguraciji sistema neophodno izvršiti optimalan izbor komponenti u odnosu na namenu.

Specifičnost organizacije memorijskog prostora diska je u podeli na particije, koju je moguće izvršiti komandom FDISK ili raznim uslužnim programima. Pri tome je potreban oprez, jer sve verzije DOS-a ne prepoznaju particije kreirane uslužnim programima, a može doći do kolizije i pri upotrebi raznih programskih paketa, kao i još novijih verzija operativnog sistema, iako je težnja da su oni kompatibilni unazad.

Sistem prekida je ovde samo delimično obrađen, ali je njegovo poznavanje od velike važnosti, jer pruža programeru, pri pisanju programa, dodatne mogućnosti izrade vlastitih procedura, pomoću kojih bi performance diska bile optimalno korištene.

Literatura:

[1] Krajniker Milan: »DISKETE«, Vojnotehnički glasnik br. 2/92, mart/april 1992.

[2] Krajniker Milan: »ULTRABRZA MEMORIJA — CACHE«, Vonjotehnički glasnik br. 2/93, mart/ /april 1993.

[3] DOSustem User's Guide and User's Reference.

[4] Dobrić Samir: »MS DOS 5. 0.«, Computer hit biblioteka, Sarajevo, januar 1992.

[5] Jakupović Adem: »MSDOS — male tajne«, Beograd 1989.

[6] Veselinović Dejan: »TRI TVRDA DISKA«, Računari br. 67, decembar 1990.

[7] Veselinović Dejan: »SEDAM TVRDIH DISKOVA«, Računari br. 70, mart 1991.

[8] Veselinović Dejan: »DRUGA RUNDA TESTOVA«, Personalni računari br. 74, jul/avgust 1991.

[9] Veselinović Dejan: »TVRDA ČETVORKA«, Personalni računari br. 76, oktobar 1991.

[10] Veselinović Dejan: »ŠEST PUTA IDE«, Personalni računari br. 80, mart 1992.

Dr Predrag Pejčić,
pukovnik,

Borbena dejstva helikoptera u ratu u Persijskom zalivu

Pre invazije (2. avgust 1990) Irak je raspolagao sa 451 helikopterom* koji su formacijski pripadali armijskom vazduhoplovstvu, u veoma manjem broju mornarici, dok u sastavu RV nije bilo helikoptera. Iračke invazione snage, koje su Kuvajt zaposele pet i po meseci pre nego što je otpočeo rat u Zalivu, nisu tom prilikom upotrebile sve borbene efektive helikoptera 150—200).

Borbeni helikopteri pripadali su raznim familijama i tipovima:

— 75 MBB BO-105C, naoružanih protivoklopnim vođenim raketama (POVR) AS-11 i HOT;

— 40 MIL Mi-24 HIND, opremljenih raketama AT-2 SWATTER i AT-6 SPIRAL;

— 35 Aerospatiale SA-316B Alouette III, takođe neoružanih vođenim raketama AS-11;

— 10 SA-321 Super Frelon, koje su imale rakete Exocet, i

— 50 SA-342L Gazelle, s POVR tipa HOT.

Pored 210 borbenih, transportnih je bilo:

— 100 Mi-8 Hip A;

— 15 višenamenskih Mi-16 Hook;

— 45 Bell 214 ST (Super Transport), koji su bili namenjeni u sanitetske svrhe;

— 5 Agusta/Sikorsky AS-61 TS Silver;

— 20 Aerospatiale SA-330 Puma, i

— 20 Mi-4 Harbin.

Neposredno posle invazije na Kuvajt, Irak je naručio i novih 20 SA-342 GAZELLE koje mu nisu bile isporučene.

Svoje helikoptere Irak je koristio samo u invaziji protv Kuvojta, a u ratu u Zalivu (17. januar — 28. februar 1991) samo transportne, radi snabdevanja trupa i to u vreme dok SAD i multinacionalne snage nisu otpočele kopnena dejstva.

Prilikom napada na Kuvajt, od ranih jutarnjih časova 2. avgusta 1990, pa do mraka, iračke invazione snage izvele su 7 helikopterskih desanata taktičke jačine i istovremeno uz pomoć avijacije i helikoptera, pružena je vatrena zaštita oklopnim snagama koje su, već toga dana, kontrolisale kuvajtski glavni grad.

Osnovne taktičko- tehničke karakteristike helikoptera iračkih snaga prikazane su u tabeli 1.

*) Flight International 5—11, December 1990.

Borbena dejstva helikoptera SAD

Za vojne stručnjake američke armije, operacija »Pustinjska oluja« predstavlja najopsežniji test provere taktičke upotrebe i vatrene moći helikoptera. Nekoliko najznačajnijih detalja predstavljaju sledeća učešća i dejstva:

— helikopteri AH-64A APACH sa pripadnicima 101. vazduhoplovne brigade učestvovali su u akcijama čišćenja unutar iračke teritorije 950 milja (1759,4 km) u toku noći 17. januara, odnosno u prvim borbenim dejstvima. Posada jednog helikoptera APACHE, iz formacijskog sastava 4. bataljona 229. vazduhoplovne brigade, uništila je 50 tenkova iračke armije. Helikopteri APACHE ispalili su oko 5000 protivoklopnih vođenih raketa HELLFIRE tokom rata u Zalivu. Borbena dejstva ovih helikoptera bila su pravovremena, precizna i smrtonosna, kako stoji u pohvalnoj oceni borbenih dejstava AH-64A APACHE, što ih potvrđuje kao standardne helikoptere avijacije KoV SAD;

— helikopteri SIKORSKY UH-60 BLACK HAWK pokazali su visoke osobine svojih letno-taktičkih performansi. Samo 1. marta, tokom borbenih dejstava, ostvarili su više od 6000 sati letenja sa preko 90% ispravnosti u pustinjskim uslovima;

— helikopteri BOEING VERTOL CH-47D CHINOOK uspešno su sadejstvovali operacijama izvođenim na iračkoj teritoriji. Jedan avijacijski bataljon izvršio je 338 borbenih zadataka u vreme noćnih dejstava 18. vazdušnodesantnog jurišnog korpusa;

— helikopteri OH-58D KIOWA WARRIOR označavali su ciljeve posadama AH-64A APACHE. Jedan tim KIOWA/APACHE uništio je 15 — 20 tenkova tokom borbenih dejstava. Samo 21. januara dva helikoptera OH-58D onesposobila su PVO sredstva jedne veće platforme nafte. Jedna KIOWA zarobila je desetak iračkih vojnika.

Tokom borbenih dejstava helikopteri SAD uspešno su koristili sredstva vazduhoplovne opreme, kao što su: uređaj za indentifikaciju »svoj — tuđ« (IFF — Identification Friend or Foe); sistem za noćno osmatranje, označavanje, gađanje i nišanjenje (TADS/PNVS — Target Acquisition Designation System/Pilot Night Vision System); optički uređaj za neposredno nišanjenje; IC uređaj za osmatranje prednje polusfere, odnosno termovizijsku kameru širokog ugla (FLIR — Forward-looking Infrared); višestruke displej-ekrane na kome se daju informacije potrebne za let i izvršenje zadatka (EADI — Electronic Alttitude Director Indicator); reljefni let (NOE — Nap of the Earth); uređaje za taktičku, satelitsku i globalnu (opštu) navigaciju (GPS — Global Positioning System), kao i druga sredstva.

Pored profesionalnih pilota, deo su činili rezervisti, kao u primeru 772. mornaričkog skvadrona U. S. Marine Corp, na helikopterima SIKORSKY CH-53 SEA STALLION.

U borbenim dejstvima helikopterima su upravljale i 22 žene piloti. Major Marie Rossi, iz 159. avijacijskog bataljona 24. pešadijske divizije, jedna je od prvih žena — pilota koja je s helikopterom CH-47 CHINOOK letela nad iračkom teritorijom, tokom rata u Zalivu. Poginula je u svom 17. borbenom letu s kopilotom, takođe ženom, kada je njen transportni helikopter, usled veoma loših meteoroloških uslova, doživeo udes, 1. marta, u severnom delu Saudijske Arabije.

Vojni stručnjaci posebno ističu borbena dejstva helikoptera BELL AH-1 COBRA, a posebno verzije AH-1W, koji su dejstvovali protivoklopnim vođenim raketama TOW 2 i HELLFIRE. U borbenom zadatku, 17. januara, tim COBRA/APACHE uništili su jednu iračku kontrolnu stanicu za izviđanje — presretanje, navođenje lovaca-presretača i locirali radarsku stanicu za elektronsko ometanje, po kojima su uspeš-

no dejstvovali avioni A-10 američkog RV. Koristeći senzore TADS/PNVS ovaj tim je onesposobio još nekoliko stanica za izviđanje, pri čemu su rakete HELLFIRE uspešno borbeno dejstvovale, primenjujući lasersko obeležavanje ciljeva. Naime, laserski navođena raketa HELLFIRE bila je lansirana pošto je njen tragač zahvatio cilj. Piloti su koristili lasersko obeležavanje (osvetljavanje ciljeva GCI, po kojima su dejstvovali i drugi helikopteri, a i već pomenuti jurišni avioni A-10.

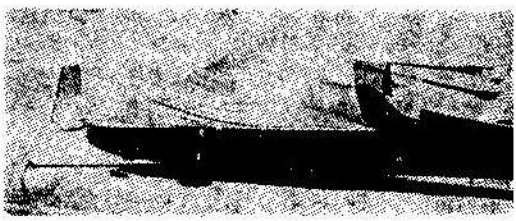
Pored dejstava protivoklopnim vođenim raketama HELLFIRE, helikopteri AH-64A APACHE koristili su i nevođena raketna zrna (NRZ) tipa HIDRA — 76×70 mm, submuniciju, a i topovske granate kalibra 30 mm.

U letovima na ekstremno malim visinama korišćeni su radio-visinomeri, posebno kada su zbog prirode zadataka posade letele u zoni u kojoj su se nalazile stanice GCI.

Uprvoj noći rata, kada je strategijski cilj multinacionalnih snaga bio razaranje iračkog sistema rukovođenja i komandovanja, mreže telefonijskih komunikacija i mikrotalasnih uređaja — za koje su bili određeni avioni STEALTH, konstrukcije F-117A, kao i avioni RM SAD, helikopteri APACHE AH-64A su, zajedno s avionima A-10 i B-52, dejstvovali po iračkim ciljevima, a kasnije i po položajima u Kuvajtu. Jedan od glavnih zadataka bio je i odsecanje iračkih trupa od glavnih linija snabdevanja koje vode iz Basre.

Termovizijsku kameru širokog ugla, odnosno IC uređaj FLIR od strane 20 helikoptera KAMAN SH-2F SEASPRITE korišćeni su i za protivdejstva u elektronskom ometanju. Helikopter SEASPRITE sa svojim senzorima upotrebljen je i za otkrivanje minijaturnih mina, koje su Iračani stavljali na određena mesta u Persijskom zalivu. Za ove zadatke bio je opremljen magnetskim elektrodetektorima. Među ovim helikopterima, koji su bili bazirani na nosačima aviona i duže se nalazili u ovom regionu, u okviru MEFC (Middle East Force Capability), nekoliko novih verzija helikoptera SEASPRITE, SH-2G bilo je opremljeno FLIR uređajima novog tipa, AN/AAQ-16 i uređajem AN/AAR-47 za otkrivanje vođenih raketa sa IC navođenjem.

S obzirom na to da su tokom rata vladale visoke temperature, posebno u pustinjskim uslovima, prvi put je testiran i sistem klimatizacije za zaštitu vazduhoplova od visoke temperature (CHAPS — Climatic Heat Aircraft Protection System), koji je uspešno štitio vazduhoplove na temperaturama iznad 30°C, (slika 1).



Sl. 1 — Sikorsky UH-60 Black Hawk zaštićen sistemom CHAPS

Pored dejstva po iračkim tenkovima, PA topovima i raketnim baterijama, 31. januara su prvi put korišćeni i helikopteri za protivminska dejstva, kada su potopljena tri iračka plovna sredstva. Inače, toga dana je zabeležen i rekord u broju avio poletanja (aviona i helikoptera) — ukupno 27.600.

Posle bespoštednog i masovnog bombardovanja iz vazduha, 24. februara otpočinje najavljivana operacija iz svih pravaca — s kopna, mora i iz vazduha. Ovoj operaciji prethodili su manji taktički desanti na prilazima glavnom gradu Kuvajtu.

Toga dana je izveden — do tada u istoriji najmasovniji — desant sa preko 300 helikoptera BOEING CH-47D CHINOOK, SIKORSKY UH-60 BLACK HAWK i BELL UH-1H HUEY, dok su

helikopteri OH-58D KIOWA, AH-1S COBRA i AH-64A APACHE obezbeđivali vatrenu zaštitu. Ovaj masovni helikopterski desant prevozio je 101. američku vazdušnodesantnu diviziju, prodirući 50 milja (80 km) unutar iračke teritorije, severno od tromeđe Saudijska Arabija — Irak — Kuvajt. Stvorena je desantna osnovica površine od 155 km². Ukrcavanje ljudstva obavljeno je na trinaest mesta u Saudijskoj Arabiji, a marš-ruta je za pojedine delove desanta iznosila i preko 100 km. Letenje se odvijalo bez opasnosti od napada iz vazduha, s obzirom na to da je iračko PVO bilo neutralisano. Ipak, desant je štićen spomenutim borbenim helikopterima, kao i lovačkom avijacijom. Tom prilikom prevezeno je 2000 vojnika, 50 vozila i haubica sa oko 100 tona municije i opreme. Tokom celog dana helikopteri CH-47 CHINOOK prevozili su burad s gorivom.

U vatrenoj podršci snagama koje su 27. februara zauzele glavni grad Kuvajt, dan pre nego što su obustavljena sva dejstva, najveći borbeni nalet ostvarile su posade helikoptera AH-64 APACHE, i AH-1W COBRA. Desantne snage taktičkog značaja na prilazima glavnom gradu prebacili su helikopteri CH-47D CHINOOK.

Nije saopštena tačna brojka helikoptera SAD koji su učestvovali u ratu u Zalivu, ali je Ministarstvo odbrane saopštilo da su SAD izgubile 34 helikoptera, među kojima i sledeće:

— iz avijacije KoV: 4 UH-60 BLACK HAWK; 4 BELL UH-1 HUEY; 3 BELL AH-1 COBRA; 2 McDONNELL DOUGLAS AH-64A APACHE; 2 BELL OH-58D KIOWA i 1 BOEING CH-47 CHINOOK;

— iz sastava RM: po jedan SIKORSKY SH-60 SEA HAWK i BOEING CH-46 SEA KNIGHT, i

— iz mornaričkog korpusa: po jedan helikopter tipa BELL AH-1J COBRA, BELL UH-1 HUEY i BOEING CH-46 SEA KNIGHT.

Borbena dejstva helikoptera Francuske

Oružane snage Francuske su kratak rat u Zalivu iskoristile da podignu kvalitet svojih helikoptera na viši stepen, kao i da isprobaju nove sisteme borbenih efektiva.

Još u avgustu 1990, kada su iračke invazione snage okupirale Kuvajt, proglasivši ga svojom 17. provincijom, Francuzi su izdvojili 48 helikoptera u ALAT (Aviation Legere de l'armee de Terre), odnosno u Avijaciju KoV koji su ukrcani na nosač aviona »Klemanso« i upućeni u saudijsku luku Yanbu.

Kasnije, u okviru multinacionalnih snaga, Francuzi su poslali i nosač »Foš«, kao i još jedan kontigent helikoptera, tako da ih je u Saudijskoj Arabiji bilo ukupno 139 raznih tipova.

Prva grupa helikoptera bili su jurišni SA-341 i SA-342 GAZELE, kao i SA-330 PUMA, kao višenamenski. Ona je pripadala 5. borbenom helikopterskom puku (RHC — Combat Helicopter Regiment), a s jednim skvadronom ojačala je 3. puk i 4. komandno-manevarski helikopterski puk. Sve ove jedinice objedinjavala je 4. vazdušnodesantna divizija.

Veći deo posada i helikoptera već je bila borbeno upotrebljena u Čadu i Libanu, tako da im pustinjski uslovi nisu u većoj meri ometali borbeni rad, kao što je to bio slučaj sa drugim helikopterskim sastavima multinacionalnih snaga.

Kako su se u većini zemalja nalazili protivvazdušni laki prenosni sistemi, to su francuski helikopteri bili prinuđeni da preduzmu odgovarajuće mere protivzaštite. Jedan od problema odnosio se na nišansko-stabilizovani noćni sistem VIVIANE, koji se još krajem osamdesetih godina veoma usavršio. S obzirom na to da sistem VIVIANE stoji pričvršćen uz zadnji donji deo trupa, prvo se prišlo poboljšanju aerodina-

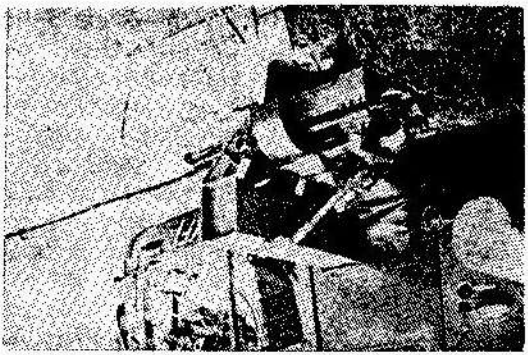
mičkog profila, a onda drugim tehnološkim izmenama u samom sistemu.

Zajedno sa noćnoosmatračkim sistemom ugrađene su i tri termalne kamere tipa KEOPS. Pored toga, piloti su raspolagali i naočarima za noćno osmatranje (NVG — Night Vision Goggles) (slika 2).



Sl. 2 — Naočare za noćno osmatranje

Unapređenja su se odnosila i na upotrebu vođenih raketa vazduh-vazduh MATRA MISTRAL, za čija dejstva su određena 4 helikoptera SA-341/ /342 GAZELE, kojima su ugrađeni modifikovani uređaji za upravljanje vatrom. Ove GAZELE bile su namenjene za pružanje neposredne vatrene zaštite i podrške jedinicama. Pored već postojećih lansirnih uređaja za protivoklopnu vođenu raketu HOT, helikopteri su bili opremljeni i novim sistemom za automatsko upravljanje vatrom topa GIAT M-621 automatic 20 mm (slika 3). Za rano otkrivanje helikoptera GAZELLE i PUMA su bili opremljeni THOMSON-CSF CHERLOC radarom.



Sl. 3 — GIAT M-621 automatik 20 mm na helikopteru »GAZELLA«

Radi vlastite zaštite imali su i uređaje za izbacivanje IC mamaca, koje su posade koristile već u prvim borbenim dejstvima, s obzirom na to da su bile zadejstvovane jedinice iračke PVO.

Pored toga, opremljeni su i modifikovanim uređajima za indentifikaciju IFF koji su, kako su vojni stručnjaci ocenili, bili daleko kvalietnitji od sličnih, kojima je raspolagao britanski RAF. Modifikovane uređaje IFF tipa MODE 4 prihvatile su i neke posade američkog RV.

U odnosu na GAZELE, helikopteri PUMA bili su opremljeniji raznom modifikovanom opremom, sredstvima i uređajima za vođenje protivelektronskog rata, među kojima i sistemom SIGINT (Signals-intelligense). PUMA je, takođe, dobila i novi zaštitni sistem za komunikaciju.

Šest meseci pre nego što su otpočela borbena dejstva u Zalivu, francuske posade su izvršavale zadatke izviđanja, granične patrole, snabdevanja i korišćenja noćnih nišanskih sistema, uvežbavajući zadatke zaštite bočnog pojasa Saudijske Arabije, prodirući kroz granicu i do 93 milje (150 km).

Za vreme rata, francuski helikopteri lansirali su 240 protivoklopnih raketa HOT, od ukupno 328 koje su ispalile multinacionalne snage. Uspešnih pogodaka bilo je više od 90%, a ob-

jekte dejstava predstavljali su oklopnomehanizovana vozila i artiljerijska oruđa.

Za navigaciju helikopteri su koristili novi CROUZET NADIR navigacijski i sistem za upravljanje vatrom, kao i satelitsku navigaciju, odnosno sistem GPS, koji je efikasno korišćen kada je jedna grupa 13. padobranskog oklopnog puka, prilikom prodora na iračku teritoriju, otišla dalje od predviđenog mesta.

Francuzi su posvetili mnogo pažnje tehničkom održavanju helikoptera, čija se ispravnost kretala u okviru 95 — 98%. Jedine tehničke neprilike, u manjem obimu, vezane su za radar za osmatranje bojnog polja tipa »ORCHIDEE« (»Horus«, »Horizon«).

»ORCHIDEE« je označavao lokaciju, detektovao i identifikovao vozila i helikoptere, kao i sva sredstva u vazduhu na daljinama preko 150 km ispred linije fronta. Bilo je u stanju da otkrije i raketu s nuklearnim taktičkim punjenjem.

Za dejstva u Zalivu 20 helikoptera AS-332 SUPER PUMA Mk II bili su opremljeni rotirajućim radarskim antenama LCTAR grupe Thomson — CSF. Poboljšani radarski sistem »ORHIDEE« imalo je radarsku antenu (koja je tokom rada bila ispuštena iz helikoptera); uređaj za otkrivanje radarskih stanica; sistem za bezbednu komunikaciju i sredstva za protivelektronsku zaštitu — kao i ostali helikopteri ranije — i plus digitalnu liniju za obradu podataka; kompjuterski unete podatke (software), kao i displeje za prikazivanje informacija.

Druge francuske kompanije snabdele su helikoptere poboljšanom opremom za protivelektronsku zaštitu. »HORUS«, razvijen iz LCTAR, već 17. januara prvi je lokalizovao nekoliko iračkih radarskih stanica za elektronsko ometanje, koje su, zatim, razorili avioni A-10 i A-6 INTRUDER. Posle prvog uspešnog zadatka »HORUS« je nastavio da locira protivničke ciljeve prodirući i preko 100 milja (160 km) na iračku teritoriju.

Ovako poboljšani radar »HORIZON«, prema rečima francuskih vojnih stručnjaka, skuplji je za 30 — 50% od radara »ORHIDEEE«, ali će zbog rezultata pokazanih u ratu u Zalivu verovatno do 1996. njime biti opremljeni većina helikoptera AEROSPATIALE. Isto tako, i za opremanje helikoptera BLACKHAWK avijacije KoV SAD do sredine 1998. predviđa se povezivanje sistema »HORIZON« u zajednički osmatrački radarski sistem za osmatranje i napad na cilj (JSTARS — Joint Surveillance Target Attack Radar System).

Borbena dejstva helikoptera Australije

Devet dana pošto je Irak okupirao Kuvajt, 11. avgusta 1990, brodovi australijske mornarice (Royal Australia Naval) bili su spremni za Persijski zaliv, a 3. septembra su se među prvima pridružili snagama UN koje su pripremale sankcije protiv Iraka.

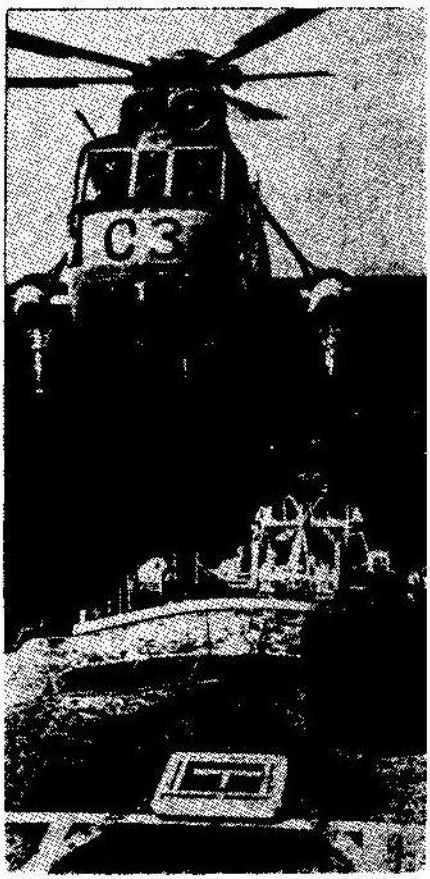
U okviru australijske mornarice nalazili su se sledeći helikopteri: novi SIKORSKY S-70B SEAHAWK i AS-350B EQUIRREL, koji su se bazirali u vazduhoplovnoj bazi Albatross u mestu Nowra, sve dok nisu uzeli učešće u operaciji »Pustinjska oluja«, kada su se bazirali na dvema fregatama — »Adelaide« i »Darwin«. Svaka fregata je nosila po jedan S-70B i AS-350B, dok je na teretnom brodu »Success« bio ukrcan jedan helikopter AS-350B.

Svaki helikopter S-70B SEAHAWK bio je obezbeđen kompletnim duplim posadama koje su činili: pilot, osmatrač/koordinator za taktičke zadatke, kao i osmatrač/radio-radarski operater. Helikopteri AS-350B EQUIRREL takođe su imali posade iz 727. skvadrona. Uskoro su se ovim sastavima pridružila i fregata »SIDNEY«, koja je nosila helikopter S-70B SEAHAWK.

Dva dana po otpočinjanju ratnih dejstava, australijski helikopteri, opremljeni uređajima zaštite od NHB dejstava (slika 4), s obzirom na to da se



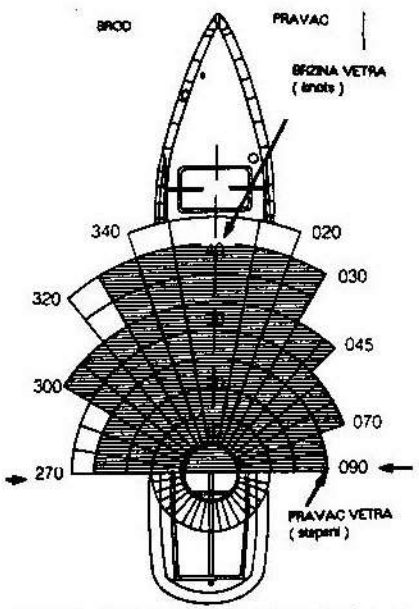
Sl. 4 — Upotreba opreme za zaštitu od NHB dejstava



Sl. 5 — Helikopter Sea King koristi »RAST« za sletanje

očekivala upotreba bojnih otrova od strane Iraka, patrolirali su duž kuvajtsko-iračke granice. Helikopteri AS-350B bili su opremljeni izvesnim optoelektronskim (optroničkim) uređajima i instalacijama, odbacivim plovcima za prinudna sletanja na vodu, kao i sistemima za taktičku, satelitsku i globalnu (opštu) navigaciju (GPS) i indentifikaciju »svoj-tuđ« (IFF).

Bavljenje u Persijskom zalivu posade su koristile za uvežbavanje namenskih zadataka, odnosno za dejstva u protivpodmorničkim aktivnostima. Najveći nalet ostvarile su posade koje su se bazirale na teretnom brodu »Success«. Helikopteri AS-350B bili su, tom prilikom, u ulozi vazduhoplovne podrške, odnosno neposredne vatrene zaštite. Koordinacija sletanja helikoptera na palubu brodova vršena je uz pomoć sistema RAST (Recovery, Assist, Secure and Trasverse) slika 5 i 6.



Sl. 6

Australijski helikopteri ove zadatke izvršavali su 7 meseci, sve dok nisu prestala borbena dejstva. Helikopter AS-350B Ecurenil vršio je stalna pretraživanja morske površine; dejstvovao svojim naoružanjem iza linije horizonta (OTH — Over the Horizon), a izvršavao i ostale zadatke višenamenske prirode, snabdevanja, prevoženja, itd. Letovi su izvršavani prosečno na visinama 200 — 500 fita (60,8 — 152 metra), pri temperaturama preko 50°C, ali je ispravnost bila 100%.

Najviše je korišćeno streljačko naoružanje, kao i sistemi za upravljanje vatrom. Za gađanje ciljeva iza linije horizonta efikasno je korišćen osmatrački radar, kao i radarski visinomer radi niskog letenja noću. Dnevni letovi, a manjim delom i noćni, trajali su više časova (3 — 4 h), odnosno do granica borbenog radijusa. U noćnim uslovima korišćen je GPS, mada je visina leta bila blizu 400 fita (121,6 metra), kada su posade koristile dvogled za noćno letenje i nišanjenje.

S obzirom na to da su Iračani u Zaliv postavljali mine, koje su predstavljale opasnost po australijske i druge brodove, to su helikopteri AS-350B leteli i ispred brodova i javljali pozicije mina otkrivenih pomoću senzora, posebno onih mina koje su plutale na nižim dubinama, do gaza brodova.

Posade helikoptera SEA HAWK takođe su izvršavale vi.estruke zadatke, ali ni kao AS-350B nisu uzele učešća u protivpodmorničkim dejstvima, s obzirom na to da protivnik nije upotrebljavao značajnija plovna sredstva, pa ni podmornice.

U ovim dejstvima helikopteri australijske mornarice naleteli su više od 1500 sati.

Borbena dejstva helikoptera Velike Britanije

Helikopteri Velike Britanije, koji su učestvovali u ratu u Zalivu pripadali su 654. 659. i 661. skvadronu, odnosno 1. puku vazduhoplovnog korpusa KoV. Svaki skvadron bio je opremljen sa po šest helikoptera tipa WETSLAND LYNX Mk 7 i SA-342 GAZELLE, a u okviru puka nalazilo se još u rezervi 24 LYNX Mk 7.

WESTLAND LYNX Mk 7 predstavljao je najnoviju verziju familije helikoptera razvijenih iz LYNX Mk 1. Verzija Mk 7 sadržavala je brojne tehnološke izmene, a pored ostalih, IC štitnik izduvnih gasova, što mu je davalo velike prednosti nad protivničkim IC vođenim raketama, zatim povećane su mu mogućnosti nošenja korisnog borbenog tereta, dobio je snažniji motor i avioniku. Za izradu nosećeg rotora i krakova korišćen je kompozitni materijal. Kabina je bila opremljena displejom, a pilot snabdeven naočarima za noćno letenje i nišanjenje.

Lynx Mk 7 naoružan je sa osam raketa TOW i uređajem za vođenje raketa, odnosno termalnim sistemom za nišanjenje i upravljanje vatrom (TI/ /TOW — Thermal imaging TOW). Ovaj sistem ocenjen je kao izuzetno efikasan u pustinjskim uslovima, s obzirom na to da su ciljevi raspolagali velikom vlastitom toplotnom energijom.

Helikopteri SA-342 GAZELLE bili su opremljeni standardnim naoružanjem (mitraljezi, rakete HOT druge generacije, itd.). U svakom skvadronu po dve GAZELLE raspolagale su uređajima za osmatranje, indentifikaciju i akviziciju ciljeva, što je sa helikopterima LYNX, namenjenih za jurišna dejstva, činilo jak udarni tim GAZELLE/LYNX.

Neposredno pre otpočinjanja borbenih dejstava, posade su uvežbavale program upotrebe naočara za noćno osmatranje i nišanjenje pri reljefnom letu (NVG/NOE Trainig Programme — Night Vision Goggles/Nap of the Earth), a tokom dejstava ga uspešno koristili, kada su od prekretnog orijentira snižavali na visinu od 200 fita (60,8 metra) i po osmatranju i indentifikaciji ciljeva upotrebljavali protivoklopne vođene rakete.

Označene ciljeve, kao svoje mete, pored helikoptera LYNX koristili su i piloti aviona A-10, koji su svoje oružje upotrebljavali načelno sa visine od 1000 fita (304 m).

S obzirom na to da su helikopteri leteli na ekstremno malim visinama, ali u uslovima u kojima nisu postojale mnoge prepreke (žice dalekovoda, PTT, tornjevi, itd.), piloti nisu bili u prilici da mnogo koriste radare za otkrivanje prepreka, mada su oni bili stalno zadejstvovani. Noćni borbeni zadaci bili su tako planirani da ne traju više od 60 minuta.

Pored helikoptera koji su pripadali vazduhoplovnom korpusu KoV, u operaciji »Pustinjska oluja« učestvovali su i helikopteri koji su formacijski pripadali ratnoj mornarici (Royal Navy) i vazduhoplovstvu (RAF — Royal Air Force).

Na britanskim fregatama i razaračima bazirali su se helikopteri WESTLAND LYNX naoružani vođenim raketama vazduh — brod SEA SKUA, koji su uspešno uništavali iračke razarače u Persijskom zalivu. Pretpostavlja se da je potopljeno 7 razarača, među kojima i holandski tanker ZUIDERKRUIS« koji su greškom pogodila dva helikoptera SEA KING.

Helokopteri SEA KING i LYNX (Navy), namenjeni za protivpodmorničko dejstva (ASW — Antisubmarine Warfare), bili su, takođe, opremljeni uređajima za zaštitu od IC uređaja za otkrivanje ciljeva u vazduhu, kao i mnogim merama za protivelektronska dejstva.

Smatra se da je mornarica imala ukupno 32 helikoptera, koji su uzeli učešće u borbenim dejstvima. Skvadroni 845, 846. i 848. ratne zadatke su izvršavali sa svog nosača Atlantic Conveyor i drugih. Na nosaču Atlantic Conveyor stalno je bilo bazirano 12 helikoptera SEA KING.

RAF je imao helikoptere CH-47 CHINOOK i AS-330 PUMA, čija je primarna uloga bila logistička, zatim prevoz trupa, itd.

U borbenim dejstvima u Zalivu britanski vojni stručnjaci mnogo su se pozivali na primenu iskustava koje su u helikopterskim aktivnostima imali u foklandskom ratu 1982. kojom prilikom su, pored ostalih, mnogo primenjivali helikoptere WESTLAND LYNX HAS3/ /SEA SKUA. Za dejstva u Zalivu helikopteri su pretrpeli izvesne modifikacije, pre svega u pogonskoj grupi i hidrauličnim instalacijama, kako bi trpele temperature spoljnjeg vazduha i preko 50°C. S posebnim uspehom ističe se brza zamena rotora na helikopterima koji su se bazirali na nosaču »Gloucester«, izvedena za svega 7 časova.

LYNX HAS3, bili su opremljeni i: IC štitnicima, uređajima za bezbednu komunikaciju, uređajima FLIR, uređajima za izbacivanje dimnih sredstava za maskiranje, sredstvima za zaslepljivanje (bljesak) sredstava PVO, opremom za protivelektronska dejstva, kao i sa NAVSTAR sistemom (GPS).

Svi ovi sistemi i uređaji uspešno su štitili helikoptere od vođenih raketa zemlja-vazduh koje su bile snabdevene IC ili radarskim uređajima za vođenje na daljinama 100 milja (185 km) ispred linije savezničkog fronta.

Helikopteri LYNX HAS3 često su činili borbeni tim s američkim helikopterima SH-60B SEAHAWK, ne samo radi razmene informacija o letu i podacima o ciljevima, već i radi zajedničkog borbenog sadejstva. Tom prilikom su posebno efikasno upotrebljavane rakete SEA SKUA.

Posade LYNX HAS3 lansirale su 26 rakete SEA SKUA, sa efikasnošću 80%, a među uništenim ciljevima, pored spomenutih razarača, nalaze se i druga plovna sredstva iračke vojske, među kojima i dva veća minopolagača, kao i nekoliko patrolnih brodova

Osnovne taktičko-tehničke karakteristike helikoptera multinacionalnih snaga prikazane su u tabeli 2

Osnovne taktičko-tehničke karakteristike helikoptera multinacionalnih snaga

Tip helikoptera A	Pogonska grupa	Dimenzije (m)				Mase (kg)	Brz. km/h	Aut. leta	Dolet	Naoružanje
	Tip/max SNAGA (kW)	Duž.	Šir.	Vis.	Preč. GLP/RR	Prazan/ /max	Maksim. dozvolj. krstarećа	(h)	(km)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
AH64 A APACHE	T-700- -GE-701 2 × 1266 RTM 322 2×1566	14.58	2.00	3.52	14.63 2.79	4881 9525	365 296	3 h 9 min	482	M 230 30 mm, HELLFIRE. TOW. STINGER. AIM-9L SIDEWNDER
AH-15 HUEY COBRA	T-53-L- -703 1×1342	13.59	0.99	4.09	13.41 2.59	2993 4536	362 277		507	M-16 7.62 mm M 197 20 mm B TOW i 14 NRZ 2.75 in. 76 NRZ 2.75 in
UH60A/ /5-70A BLACK HAWK	T-700-GE- 700/701 2×1151/ 2×1285	15.26	2.36	5.13	16.36 3.35	5118 9979	296 268	4 h 51 min	2220	HMG 12.7 mm. MINIGUM 7.62 mm HOT 2, HELLFIRE TOW. STINGER
CH-47D CHINOOK	T-55-L-712 2×2796	15.54	3.78	5.68	18.2 9 NE	10475 22679	298 222		2059	NE
OH-580 KIOWA WARRIOR	ALLISON 250-C30R 1 × 458	12.86		3.90	10.67 1.65	1281 2041	237 222	2 h 30 min	556	Aerea 7.62 mm. HOT. HELLFIRE STINGER. TOW. NRZ OERLIKON 80 mm. 2.75 in
CH-53A/D SEA STALLION	T64-GE- -416 2×2756	26.9	5.22	7.60	22.02 4.88	10653 19050	315 278		2075	Browing 7.62 mm
CH-46/ /UH-46 SEA KNIGHT	T58-G-10 2×1044	25.7	4.42	5.09	15.54 NE	6061 10433	267 266		367	
SH-2F/G KAMAN SEA SPRITE	7-700-GE- -401 2×1285	12.19	3.74	4.14	13.51 2.46	3483 6305	271 222	5 h 42 min	1038	M 60 7.62 mm. AIM- -7A SPARROW. BAe SEA SKUA. SIDEWINDER. Torpeda Mk 46. Mk50
SA-341/ /342 GAZELLE	ASTAZOU III/XIV 1×440	9.53	6.46	2.72	10.50 06.95	958 1800	310 268	42 h 37 h	780 600	Minigun 7.62 mm GIAT M 61—20mm HOT. AS 11.AS 12. AT-3. MATTRA MISTRAL TOW 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SA-330 PUMA	Turbomeca TURMO IVC 2×1175	14.82	3.62	4.54	15.09 3.04	3570 7200	310 276		550	FN 7.62 mm. M 61 20 mm HOT 2. TOW 2. AS 12. Torpeda. MATRA MISTRAL. NRZ 68 SNEB
AS-332 SUPER PUMA	Turbome-camakila IA1 2×1400	16.29	3.79	4.60	15.60 3.05	4460 8600	278 262		842	GIAT M 61 20 mm. AM 39 EXOCET. AS 15. MATRA MISTRAL BAe SEA SKUA. NRZ 68 SNEB Torpeda
S-708/ /SH-60B SEAHAWK	T-700-GE--401 401C 2×1260/ /1417	12.47	3.26	3.63	16.36 3.36	6191 9926	233 213		550	PENGUIN Mk 2. BAe SEA SKUA. AGM-B4 HARPOON Mk 36 dubinske bombe Mk 46 i 50 torpeda
AS-350B EQUIRREL	ARRIEL 1D1 1×540	10.93	1.80	3.14	10.69 1.86	1132 2250	287 246		690	ETNA 7.62 mm M 621 20 mm MISTRAL NRZ 68 SNEB 70 mm Heli TOW
LYHX Mk7/ HA53	RR GEM--2/-41/-42 2×671— —846	10.62	3.76	3.20	12.80 2.21	2740 4763	277 232	2 h 50 min	540 630	Minigun 7.62 mm B-12 20 mm. AS-12 STINGER SEAU SKUA NRZ B1 mm Mk 44, Mk11.

Zaključak

Iskustva* do kojih su došle multinaconalne snage** su višestruke: iz oblasti taktičke upotrebe helikoptera; provera novih ili modernizovanih borbenih sisema i uređaja vazduhoplovne opreme; dejstva u osobenim pustinjskim uslovima sa meteorološkog aspekta; vazduhoplovnotehničkog obezbeđenja dejstava helikopterskih jedinica; upotrebe novih materijala; načina izvođenja logistike, itd.

Već je istaknuto da Irak u ratu u Zalivu nije koristio helikoptere, osim za letove snabdevanja i prevoženja, s obzirom na to da je helikoptere, kao i avijaciju, blagovremeno sklonio na teritoriju Irana (s kim je vodio rat dug osam godina), kako bi ih zaštitio od dejstva iz vazduha od strane multinacionalnih snaga.

Irak je, svakako, svoje borbene i transportne helikoptere znalački upotrebio, ali samo prilikom invazije Kuvajta.

Sjedinjene Američke Države su upotrebile, prema nekim procenama, preko 1000 helikoptera, praktično dve

*) U članku nisu izneta detaljna dejstva helikoptera, broj poletanja, izvršenih borbenih zadataka, utrošena ubojna sredstva, itd. s obzirom na to da su tokom dejstava u Zalivu bile uvedene mere hermetičke blokade informacija, kao ni da sva borbena dokumenta ni danas nisu dostupna javnosti. Iz tih razloga predstoje nova i sledeća istraživanja.

**) U ratu u Zalivu učestvovalo je 28 država, a samo jedan deo (koji takođe u članku nije u celini spomenut) sa helikopterima.

Tabela 2.

Osnovne taktičko-tehničke karakteristike helikoptera iračkih snaga

Tip helikoptera	Pogonska grupa	Dimenzije (m)				Masa (kg)	Brz. (km/h)	Aut. leta	Dolet	Naoružanje
	TIP/max (kw)	Dužina	Širina	Visina	Prec GLP/RR	Prazan/ /max	Maksimal. dozvolj. kustareća	(h)	(km)	
BO-105C MBB	ALLISON 250-C20B 2×313	8.56	2.53	3.00	9.84 1.90	1276 2500	270 242	3 h 24 min	570	ETNA 12.7 mm Browing 7.62 mm; TOW. HOT; NRZ: SNEB 68 mm. 70 mm SURA 81 mm
SA-316B Alouette III	Turbomeca Artouste III B 1×649	10.17	2.60	3.00	11.02 1.91	1050 2200	210 185		540	AA 52 7.62 mm. GIAT M 61 20 mm HOT 2. AS 11.AS 12 Matra mistral; NRZ SNEB 68 mm.
SA-321 Super frelon	TURMO III C 2×1156	19.4	2.24	4.94	18.90 4.00	6863 13000	275 248	4 h	815	AM-39 EXOCET; Torpeda Mk 46. DTCN MURENE 324 mm i L4 533 mm
BELL 214ST Super-transp.	GE CT7--2A 2×1212	15.02	3.00	4.84	15.85 2.95	7938	256		813	
AB-212AS	P&W PT6T-6 1×1398	14.02	2.34	2.64	14.63 2.59	2630 5081	240 198	5 h	615	ETNA 12.7 mm; OERLIKON 25 mm AS 12, SEA SKUA, NRZ SNORA 81 mm Torpeda; Mk 44, 46, FFV TP 42
AS-61TS SILVER	GE CT58--140-1 2×1119	17.97	5.82	5.24	18.90 3.23	6010 9525	242 224	8 h	1025	NE
MI-24 HIND	ISOTOV TV3-117 2×1640	17.50		6.50	17.00 3.90	8400 11000	310 295		750	Mitraljez 12,7 mm, top 30 mm (23 mm); AT-2 SWATTER, AT-6 SPIRAL SA-7 GRAIL AT-3 SAGGER, NRZ 57; FAB 250

trećine u odnosu na ukupan broj u multinacionalnim snagama. Prema vrstama i tipovima, korišćeni helikopteri izvršavali su sve namenske zadatke koji se daju helikopterima u njihovim borbenim dejstvima. Pored izvršavanja osnovnog cilja, masovna upotreba helikoptera poslužila je kao svojevrsni opšti test taktičke upotrebe i vatrene moći. Pored opštih rezultata, američki vojni

stručnjaci su s visokom ocenom pohvalili borbena dejstva helikoptera, posebno u masovnom helikopterskom desantu, kao i u svim elementima izvedene vazdušnokopnene operacije u ratu u Zalivu.

Francuska je svojim helikopterima potvrdila visoke kvalitete, ali su za njih daleko značajniji bili testovi u kojima su proveravali nova oružja, ili poboljšana sredstva vazduhoplovne opreme. To je predstavljalo deo ispitnih faza u pripremi helikoptera, kako za francusku armiju, tako i za izvoz posle 2000. godine.

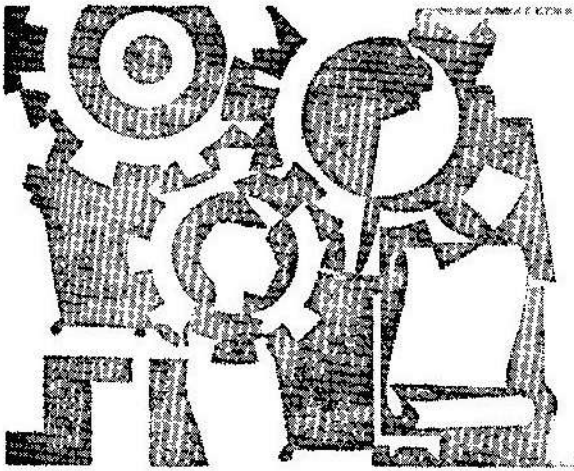
Australija, kao jedna od prvih država koje su uzele učešća u sprovođenju blokade Iraka potvrdila je visoku obučenost svojih posada. S takvom ocenom složili su se i britanski vojni stručnjaci, koji su borbena dejstva u Zalivu smatrali kao potvrdu načela taktičke upotrebe helikoptera, stečenih u foklandskom ratu.

I Velika Britanija je, kao i Francuska, testirala svoje helikoptere. Pored WESTLAND LYNX Mk 7, iako nije javno najavljivano, u Zalivu su se nalazile i verzije LYNX Mk 8 i Mk 9, koje nameravaju da proizvedu u većem broju.

Sjedinjene Američke Države su saopštile da su izgubile 34 helikoptera, a Francuzi samo 2. U vreme snažnog medijskog rata, kada je i propaganda preko sredstava informisanja bila deo strategijskog obračunavanja s protivnikom, broj oborenih helikoptera može biti i tačan, mada je bolje i to uzeti s rezervom, jer se pretpostavlja da je gubitaka, ipak, ipak, bilo više.

Literatura:

[1] Rotor Wing IV, VI, VII 1991 i I 1992.



nove knjige

MEĐUZAVISNOST TEORIJE I PRAKSE RATOVANJA I RATNE TEHNIKE*

Nedavno je u izdanju Vojnoizdavačkog i novinskog centra objavljena knjiga »Ratovodstvo i naučno-tehnički progres« profesora dr Zlatka Rendulića koja, veruje se, zaslužuje pažnju šireg kruga čitalaca. Obrađujući univerzalnu i permanentno aktuelnu temu (odnos ratovodstva i ratne tehnike), autor argumentovano, jednostavno i na interesantan način govori o razvoju ratne veštine i uticaju naučno-tehničkog progresa od 16. veka do naših dana. Znalački, oslanjajući se na literaturu, ali i putem vlastitih opservacija i zaključaka, profesor Rendulić procenjuje dometa ratne veštine kada je ona objektivno uvažavala tehnički faktor, odnosno evidentne, čak i istorijske promašaje u slučajevima kada je zanemarivan ili loše procenjen uticaj ovog faktora.

Knjiga profesora Rendulića sadrži četiri glave; pod naslovima: Od Galilea do prvog svetskog rata, Od prvog svetskog rata do početka nuklearne ere, Period nuklearne ravnoteže — era lokalnih ratova i Udaljavanje nuklearnog praga — nove vojne doktrine supersila. Osnovna ideja sve četiri celine jeste međusobna povezanost ratne veštine i tehničkog faktora. Navodeći odgovarajuće činjenice, autor ovu osnovnu ideju formuliše u sasvim eksplicitnoj formi ili je implicite sugerira čitaocu.

Završavajući vrlo zanimljive redove o Napoleonu, autor zaključuje: »Napoleon je bolje od svih savremenika shvatio kako se mogu društvene promene i polet do kojih je dovela francuska revolucija upotrebiti u vojne svrhe. Bolje od svih on je shvatio uticaj naučno-tehničkog progresa na razvoj naoružanja, uvidevši da jedino snažnom i pokretnom artiljerijom može ostvariti dovoljnu snagu vatre za uništenje žive sile na mestima predviđenim za proboj«. Sam Napoleon je osnovu svog načina ratovanja izrazio sledećim zaključkom: »Jačina armije slična je pojmu količine kretanja u mehanici i ceni se proizvodom mase i brzine (m. v.). Brzi marš ispoljava povoljni moralni uticaj na armiju i povećava njene mogućnosti za pobedu«.

Nešto širi osvrt na Klausewitzove radove i shvatanja, posebno na opus o naoružanom narodu (Klausewitz je prvi vojni teoretičar koji sistematizuje shvatanja o narodnom ratu), autor obraz-

* Povodom knjige »Ratovodtvo i naučno-tehnički progres«.

laže njihovom aktuelnošću i »izuzetnom važnošću koju imaju za male narode, a posebno za nas«. Protivnici narodnog rata smatraju da uspeh u jednom narodnom ratu nije srazmeran upotrebljenoj snazi i datim žrtvama. Njima Klausewitz odgovara da se narodni rat mora razmatrati kao posledica prodora koji je ratni element izvršio preko starih barijera i ušao u srž narodnih masa koje žele da odlučuju o svojoj sudbini i zaključuje: »Ne pitamo više šta staje narod ovakav otpor, koji ceo narod pruža sa oružjem u ruci, već pitamo kakav uticaj može imati ovaj otpor, koji su njegovi uslovi, kakva je njegova upotreba.«

Profesor Rendulić smatra s pravom, da Klausewitzove ideje o narodnom ratu važe i za današnje vreme, bez obzira na promene u ratnoj tehnici i korišćenje vazdušnog prostora za vođenje operacija. Klausewitz predlaže tesan dodir sa neprijateljem na velikom prostoru pri slaboj koncentraciji. U ovakvim okolnostima narodni rat bi, po mišljenju Klausewitza, doneo sledeće efekte: »On ruši temelje neprijateljske vojske kao žar koji podmuklo i stalno tinja... On ne treba da smoždi jezgro, već samo da gloće po površini i po ivicama.«

Uz uverljivu argumentaciju, autor završava prvu glavu (Od Galilea do prvog svetskog rata) nedvosmislenom konstatacijom: prvi svetski rat predstavlja krah ratne veštine zbog neuvažavanja mogućnosti koje je pružao tehničko-tehnološki progres.

U rusko-japanskom ratu (1904—1905) dolazi do upotrebe mitraljeza i bodljikave žice, što ostavlja različite utiske na vojne teoretičare u Evropi. Schlieffen (poznati nemački vojni teoretičar i načelnik Generalštaba od 1891. do 1906) realno ocenjuje mogućnosti mitraljeza i bodljikave žice i svoje teorije donekle prilagođava novom stanju, što nije slučaj sa Fochom (poznati francuski vojni teoretičar u vreme pre prvog svetskog rata, vrhovni komandant savezničkih armija na kraju ovog rata). U to vreme postojale su metode merenja kojima bi se dosta tačno mogli oceniti gubici pri jurišu na poljska utvrđenja sa mitraljezima koji su zaštićeni bodljikavom žicom. Ništa ozbiljno u ovom području nije urađeno, a u mnogobrojnim manevrima i komandno-štabnim igrama uloga konjice predviđena je kao da se gotovo ništa nije dogodilo.

Veoma je čudno da u francuskoj vojsci, gde se u vojnim akademijama pridavao veliki značaj korišćenju prirodno-matematičkih nauka, upravo na tom polju ništa nije uradilo. Tadašnji generali bili su spremni da koriste naučnike za projektovanje naoružanja, ali ne i za zajedničku razradu fenomena koji bi se mogao nazvati »tehnologija borbe«.

U uslovima navedenih nerazumevanja, skoro je prirodno što su ratni planovi koji se odnose na prvi svetski rat, na obe strane bili nekompletni i što se vrlo brzo prelazi u pozicioni, rovovski rat koji obe strane svojim planovima nisu predviđale i za koji nisu imali prava rešenja. Ratna realnost primorava obe strane na traženje novih rešenja i u načinu vođenja rata, i u korišćenju nove ratne tehnike koju je, u to vreme, omogućavao dostignut naučno-tehnički nivo. Iako nisu odlučujuće uticali na tok rata, tenkovi i avioni uverljivo stupaju na ratnu scenu.

Vrlo zanimljive stranice druge glave (Od prvog svetskog rata do početka nuklearne ere), posvećene su razvoju vazduhoplovstva i uticaju na strategijske koncepte (to je sasvim razumljivo s obzirom na to da je autor i sam pilot i vazduhoplovni inženjer). Koncizno, jasno i kompetentno, profesor Rendulić daje pregled vazduhoplovne vojne misli od H. M. Trencharda (vazduhoplovni maršal Velike Britanije, objavio već 1921. prvu doktrinu o samostalnoj upotrebi vazduhoplovnih snaga) i G.

Douheta (italijanski general, savremenik maršala Trencharda, istaknuti stvaralac u oblasti ratne veštine), preko W. Mitchella (komandant prve američke vazduhoplovne brigade od juna 1918. poznati vojni pisac, jedan od glavnih zagovornika strategijske bombarderske avijacije), do A. Severskog (pilot u prvom svetskom ratu, projektant aviona, industrijalac i vojni pisac, protagonista strategijske bombarderske avijacije velikod radijusa, naoružane nuklearnim bombama). Autor zaključuje: »Kada se baci pogled na Trenchardove ideje, izražene u njegovoj doktrini, vidi se da je odlično procenio uticaj tehničko-tehnološkog faktora u razvoju avijacije i njenih mogućnosti.« Slično je mišljenje autora o Douhetu, a o Mitchellu, pored ostalog, kaže i sledeće: »Može se reći da je spadao u prave vazduhoplovne stručnjake. Njegova predviđanja tehničkog razvoja vazduhoplova nisu bila principijelno pogrešna, ali su bila suviše na strani optimističkog prognoziranja«. U vezi sa zalaganjem Severskog za strategijski bombarder interkontinentalnog radijusa, kojim bi SAD obezbedile dominaciju na dugi rok, profesor Rendulić zaključuje: »Svaki vojni autor koji ne želi da ispadne smešan ne sme se baviti predviđanjima u vezi sa strategijom na duži rok. Tome nije uspeo da odoli Seversky, inače poznat kao dobar vojni i prvorazredni tehnički stručnjak.«

Od pojave tenkova na ratnoj pozornici (do završetka prvog svetskog rata Francuska je proizvela 3770, Velika Britanija oko 3000, a Nemačka samo 15 teških tenkova), gledišta o njihovoj borbenoj upotrebi značajno se razlikuju sve do ratnih iskustava drugog svetskog rata. Na primer, francuski generalštab, najkraće rečeno, veruje da tenkovi ne unose ništa novo u sistem borbenih dejstava; oni treba samo da omoguće veću pokretljivost pešadije. Slične stavove ima i Generalštab Velike Britanije. Istovremeno, ovakva gledišta imaju i protivnike, od kojih su najzapaženiji Charles de Gaulle u Francuskoj i John Fuller i Basil Liddel Hart u Velikoj Britaniji. De Gaulle smatra da razvoj motorizacije dovodi do stanja u kome će rovovski rat biti opet zamenjen manevarskim i tu vidi veliku ulogu motorizacije i tenkova. Zalaže se za stvaranje krupnih motorizovanih jedinica koje bi se mogle suprotstaviti Nemačkoj koja upravo favorizuje ovakve jedinice. Fuller smatra da tenkovi moraju biti sposobni da se probiju u neprijateljevu pozadinu, tako da se zajedno sa dejstvima na frontu vodi pravi manevarski rat. Uočavajući brze promene u naoružanju zbog ubrzanog naučno-tehničkog razvoja, Fuller zaključuje: »Nikada ne smemo zaboraviti da današnji ili budući rat apsolutno neće biti sličan prošlom ratu.«

U posebno zanimljive stranice spadaju one o ratnoj veštini u SSSR-u do drugog svetskog rata, o vrednostima i ulozi M. N. Tuhačevskog«. »Život i smrt Tuhačevskog na određeni način simbolizuju uspon i pad sovjetske vojne nauke u periodu između dva svetska rata ... Za Tuhačevskog se sigurno može reći da je bio vojni teoretičar visokog ranga, koji je najbolje sagledavao uticaj tehničkog faktora na promene u ratnoj veštini, što je konačno potvrdila i ratna praksa. Posle njegove smrti, u sovjetskoj vojnoj misli glavnu reč imaju rukovodioci tipa Vorošilova i Buđonija koji, očigledno, nisu bili u stanju da sagledaju nastale promene u ratnoj veštini. Ipak, ratna praksa, ubrzo, izbacuje na površinu vojne rukovodioce koje simbolizuje maršal Žukov. Oni su uspeli u tome da ideje, koje je u osnovi zastupao Tuhačevski, sprovedu u delo.«

Ocenjujući stanje vojne teorije i vojnih doktrina u periodu do drugog svetskog rata, autor zaključuje da se mnoge od njih nisu potvrdile u ratnoj praksi i postavlja pitanje: »Odakle toliko grešaka u predratnim vojnim dok-

trinama, pa i običnim gledištima na strategijske probleme, pogrešnih procena borbene vrednosti pojedinih oružja. Teško je dati definitivan odgovor na ovo pitanje, ali deo objašnjenja leži i u činjenici da ni u jednoj oblasti ljudskog saznanja nije tako teško dokazati ispravnost ili neispravnost jedne teorije kao u oblasti vojnih nauka... Sve simulacije borbenih dejstava putem ratnih igara ili ispitivanja na poligonima ili na manevrima, ne mogu dovoljno pouzdano potvrditi vrednost vojne teorije. Surova ratna praksa vrhunski je kriterijum za vojne teorije ostvarene pre toga.«

Drugi svetski rat dovodi na ratnu scenu niz novih sredstava i sistema ratne tehnike od kojih su neka (mlazni avion, raketni projektili velikog dometa, nuklearno i termonuklearno oružje), označila posleratni period i bitno uticala na razvoj ratnih doktrina i ukupne međunarodne odnose. Nastaju dve vojne i političke grupacije (dva bloka), međusobno oštro konfrontirane. Skoro celi posleratni period predstavlja stanje hladnog rata, u kome trka u naoružavanju, međusobna krajnja netrpeljivost dve supersile i zaoštravanje njihovih odnosa do ivice rata (kubanska kriza) i lokalni ratovi predstavljaju osnovna obeležja. U ovakvim uslovima vojna teorija i vojne strategije kod obe supersile doživljavaju dosta brze promene. O njihovoj vrednosti nije moguće pouzdano suditi, jer, srećom, nije bilo prave praktične prilike za njihovu proveru. Od američkih doktrina izbalansiranih snaga i preventivnog rata (period monopola SAD u nuklearnom oružju), Dullesove doktrine masovne odmazde (kasnije doktrina masovnog protivudara), do doktrine Sokolovskog i Taylorove doktrine elastičnog odgovora, uz intenzivan razvoj i masovnu proizvodnju termonuklearnog oružja, dolazi se u stanje u kome postaje potpuno realan koncept o »uzajamnom neizbežnom uništenju«. Na ovom konceptu zasnovan »nuklearni mir« traje već 25 godina. Istovremeno, ovo je period mnogobrojnih lokalnih ratova u kojima je involviranost supersila ograničavana strahom od nastajanja opšteg nuklearnog rata.

Detaljno i sistematski, autor razmatra najznačajnije lokalne ratove (treći i četvrti izraelsko-arapski rat, rat oko Foklandskih ostrva, iračko-iranski rat, izraelsko-sirijski sukob u dolini Al-Beka) sa stanovišta povezivanja strategije i taktike, a posebno sa stanovišta adekvatnog korišćenja raspoloživog naoružanja.

U poslednjoj, četvrtoj glavi (Udaljavanje od nuklearnog praga — nove vojne doktrine supersila), razmatraju se: usavršavanja balističkih i krstarećih raketa, antiraketna odbrana i realnost programa »Rat zvezda« (SDI), usavršavanja komandno-informacionih sistema i nove doktrine proistekle, pre svega, iz rezultata ovih usavršavanja (doktrinarni koncept snaga NATO »napad na snage iz dubine«, vazdušno-kopnena bitka — nova doktrina kopnene vojske SAD, sovjetska reakcija na ove doktrine). Analizirajući monoge aspekte programa SDI, autor zaključuje da savremeni razvoj nauke, tehnike i tehnologije ne može omogućiti realizaciju efikasnog antiraketnog sistema u prihvatljivom vremenu. Troškovi realizacije procenjeni su na oko 1.500 milijardi US dolara, a efikasnost sistema mogla bi se, odgovarajućim protivmerama, svesti na 80 do 90%, što je, sa stanovišta gubitka vlastitog stanovništva, neprihvatljivo.

Vojnim teoretičarima krajem sedamdesetih godina postaje sasvim jasno da je sukob supersila nedopustiv, jer takav rat ne bi bio nastavak bilo kakve politike, već kraj svake politike. Otuda se, na osnovu bogatog iskustva iz lokalnih ratova, vojna teorija »obogaćuje« pojmom »konflikti ili ratovi niskog intenziteta.« Razume se, ovi konflikti su za velike sile zbilja niskog intenziteta, ali su maksimalnog intenzi-

teta za one sa kojima se taj rat vodi. Koncept konflikta niskog intenziteta je velika filozofska i moralna dilema u koju profesionalni vojnici nerado ulaze. Oni dobro znaju da je naoružanje veoma važno u ratovima visokog intenziteta, a da je u konfliktima niskog intenziteta naoružanje od manjeg značaja i da je najvažnije poznavanje mogućeg ponašanja celokupnog naroda protiv koga se vodi takav rat. Završavajući razmatranje o konfliktima niskog intenziteta, sa napadima iz velikih udaljenosti, autor postavlja pitanje njihove verovatnoće u budućnosti. »Sve govori u prilog tome da se oni mogu očekivati, jer će naučno-tehnički razvoj omogućiti upotrebu još savršenijih sredstava za veoma precizan napad po pojedinačnim ciljevima sa velikih daljina.«

Na kraju ovog osvrta, treba istaći da autor, očigledno, nije imao nameru da sistematski i istorijski potpuno obradi celinu događanja (ne razmatra, na primer, osnovna obeležja Napoleonovog pohoda na Rusiju i uzroke njegovog poraza, vojnu misao carske Rusije 19. i početkom 20. veka, iskustva drugih frontova u drugom svetskom ratu — npr. bitku za Moskvu, staljingradsku i kursku bitku, savezničku invaziju u Normandiji, borbu za Berlin, karakteristične bitke na Pacifiku, i sl.). Nastojao je da kroz bitne događaje i pojave dokaže međusobnu uslovljenost i povezanost ratne veštine i ratne tehnike. Njegova namera, očigledno, nije bila da čitaocima ponudi istorijsku monografiju, već argumentaciju za ocenu međusobne veze ratovodstva i ratne tehnike. Čini se da je u tome potpuno uspeo. Imamo pred sobom tekst koji je, uz nesumnjivu edukativnost, veoma zanimljiv, pa će biti dobrodošlo štivo, ne samo za profesionalno zainteresovane, već i za sve one sa širim interesovanjima.

Prof. dr Aleksandar Stamatović,
dipl. inž.

TEORIJA LETENJA II DEO MEHANIKA LETA

Tačno dve godine posle pojave Teorije letenja I deo: Aerodinamika, pred nama se nalazi II deo: Mehanika leta. Autor je planirao da teoriju letenja obradi u četiri dela, te možemo u skoroj budućnosti očekivati pojavu III dela: Stabilnost i upravljivost aviona i IV deo: Teoriju leta helikoptera.

Autor ove knjige, pukovnik, pilot, profesor Mašinskog fakulteta u Beogradu, dr Vladimir Milošević, dipl. inž. priznati je stručnjak u oblasti ispitivanja letelica na zemlji i vazduhu, čime se bavi skoro trideset godina.

Od većeg broja knjiga koje je autor koristio kao literaturu, blizu šezdeset procenata čini literatura francuskog porekla. Naime, francuska škola ima originalan teorijski prilaz u oblasti aerodinamike, mehanike leta i stabilnosti i upravljivosti letelicama, što se odražava i na specifičnosti njihovih realizovanih programa i projekata.

Zvanje pilota, sa najvišim akademskim zvanjem u oblasti aerokosmotehnike, kao i neposredan dugogodišnji rad u oblasti ispitivanja letelica pomogli su autoru da nađe pravu meru pri obradi materije u svim glavama knjige.

Matematički aparat koji je korišćen u knjizi bio je diktiran i Nastavnim planom i programom Vazduhoplovne vojne akademije.

Zahvaljujući dobroj koncepciji autor je stvorio udžbenik, pre svega za vazduhoplovne akademije i srodne škole koji može da posluži i kao koristan priručnik inženjerima u jedinicama RV i PVO za praktično rešavanje tekuće problematike. Pored toga, to je i knjiga koja služi za proširivanje i obnovu znanja, pre svega pilotima, ali i drugim pripadnicima RV i PVO.

Proučavanje problematike iz mehanike leta zahteva poznavanje na-

učnih disciplina kao što su aerodinamika, matematika, fizika, mehanika, termodinamika, itd., ali i znanja iz oblasti tehnike. Mehanika leta je disciplina koja ma visok nivo propulzivnosti i to u funkciji veoma kratkih vremenskih intervala. To se može ilustrovati nizom primera, kao što je razvoj brzine aviona, iako neke od njih nisu i maksimalne za taj period.

Podsetimo se kraja devetnaestog i početka dvadesetog veka kada su Klement Ader (1890), Oto Liliental (1891), Semjuel Lenglej (1901) i drugi, svojim letelicama koje su imale brzine ravne bržem ljudskom hodu, ušle u istoriju vazduhoplovstva. Od zvaničnog prvog leta čoveka (Vilbur i Orvil Rajt, 1903) deli nas skoro devedeset godina. Brzina njihovog »Flajera I« bila je oko 43 km/h. Godine 1910. imamo brzine oko 85 km/h (»Blerio XI«), 1920. oko 173 km/h (»Foker F-III), 1930. oko 227 km/h (»Savoja C-62«), 1940. oko 650 km/h (MiG-1) i 1941. godine P-51D leti brzinom 730 km/h, da bi od tada brzina drastično rasla.

Brzina aviona je jedan od osnovnih parametara koji ima izuzetan uticaj na aerodinamiku, konstrukciju, stabilnost i upravljivost, a time i na mehaniku leta. Sve veće brzine tražile su i sve novija i odgovarajuća rešenja i to, pre svega, aerodinamičko-konstruktivna. Osim toga, tražila se velika manevarska sposobnost za širi interval brzina, posebno kod novijih generacija nadzvučnih borbenih aviona. Poslednjih godina pojavila su se nova rešenja i uvedeni u eksploataciju različiti sistemi, kao npr. električno upravljanje avionom (FBW — Fly-by-Wire), upravljanje konfiguracijom letelice (CCV — Control Configurated Vehicle), vektorsko upravljanje potiskom, relaksirana stabilnost, itd.

Iako se radi o jediničnom primeru brzih promena samo jednog parametra, vidimo da je trebalo rešavati velike probleme, kako se opšti progres u vazduhoplovstvu nebi usporio. Ta brzina promena uticala je i na brzinu uvođenja novih teorijskih postavki, objašnjenja i matematičkog aparata u mehanici leta, što je uticalo na veliku propulzivnost mehanike leta.

Imajući to u vidu, jasno je da je autor morao pratiti i unositi u svoju knjigu i najnovija dostignuća iz ove oblasti. Pritom, treba uzeti u obzir i određenu ograničenost autorove slobode, jer je knjiga morala da zadovolji Nastavni program Vazduhoplovne vojne akademije.

Pažljivom analizom knjige uočavamo da je sadržajno komponirana u osam tematskih delova, i to: opšte definicije, pogonska grupa, performanse stacionarnog režima leta aviona, specijalne performanse, totalna energija i nestacionarne performanse, manevarski let aviona, evolucije aviona, i prevučeni let i kovit.

Prelaz između tematskih delova je takav da se to eksplicitno ne naglašava, ali je stručnjacima iz ove oblasti to jasno. Unutar tematskih delova imamo jednu jednu ili više glava sa većim brojem odeljaka i pododeljaka, sa naglašenom fizičkom suštinom i jasnom interpretacijom.

Zahvaljujući jasnom stilu i jezičkom izrazu, autor je složene i specifične dinamičke pojave učinio jednostavnijim i lako prihvatljivim.

U uvodu se daje definicija mehanike leta i oblast njenog proučavanja, uz osnovnu konstataciju da se prema vrsti proučavanog kretanja mehanika deli na: performanse, gde se proučava kretanje težišta na putanji, i stabilnost i upravljivost, gde se proučava kretanje oko težišta, a, po potrebi, i samo težište.

U drugoj glavi autor govori o aerodinamičkim silama, silama vezanim za masu, koeficijentu opterećenja i silama propulzije. Treba napomenuti da se sile propulzije, kao i osnovne karakteristike različitih tipova vazduhoplov-

nih motora, razmatraju, obično u posebnoj glavi. Autor je izbegao ovakav prilaz, razbijajući jedan ustaljeni šablon i opredelio se da navedenu materiju izloži u okviru sila koje deluju na avion. Sasvim razumljivo, s obzirom na to da se opšte jednačine kretanja aviona baziraju na ravnotežnim uslovima i da, u opštem slučaju, tokom leta na avion deluju sile Zemljine teže, aerodinamičke sile, inercijalne sile i sila propulzije.

U trećoj glavi govori se o jednačini uzgona koja se razmatra pri izvođenju manevra aviona u vertikalnoj ravni bez klizanja i nagiba. Granicu manevra, ili granicu nosivosti, autor objašnjava sa težištem na ilustracije — dijagrame, u čemu sasvim uspeva.

Potreban i raspoloživi potisak određen je (glava 5) visokom nivou, uz dvanaest ilustracija i dobro izabran primer. Autor razmatra najznačajnije situacije odnosa potrebnog potiska i raspoloživog potiska u funkciji uticajnih parametara, kao što su: masa, visina, napadni ugao, brzina leta, aerodinamičke karakteristike aviona, i dr.

O potrebnoj i raspoloživoj snazi autor govori u 6. glavi, gde je data polara u vidu dijagrama $C_z=f(C_x)$ u kojaj su prikazane karakteristične tačke u poređenju potrebnog potiska i potrebne snage.

Horizontalni let eliso-klipnih aviona obrađen je u 7. glavi, koja obuhvata sve što je potrebno za praksu: let sa minimalnom snagom, let sa minimalnom brzinom, maksimalnu brzinu horizontalnog leta, teoretski vrhunac najduže trajanje leta i najduži dolet.

Nadalje razmatra se horizontalni let mlaznog aviona kroz: let sa minimalnim potiskom, maksimalna brzina horizontalnog leta, teoretski vrhunac, najduže trajanje leta, najduži dolet i uticaj Mahovog broja. Uz veći broj ilustracija i odgovarajuće primere materija je dobro obrađena. Na žalost u ovoj glavi, ne krivnjom autora, potkralo se dosta štamparskih grešaka, kod oznaka parametara i dimenzija.

U 9. glavi obrađene su performanse u penjanju. Autor je dao osnovne konstatacije i matematički aparat koji je neophodan. Penjanje aviona moguće je samo ukoliko postoji višak snage. Tamo gde se krive potrebne i raspoložive snage presecaju nema viška snage i u tim tačkama moguć je samo horizontalni let. Pri brzinama kod kojih je potrebna snaga veća od raspoložive, moguć je let samo u poniranju. Autor posebno razmatra penjanje eliso-klipnih aviona i penjanje mlaznog aviona. Glava se završava definisanjem vrhunca leta — vremena penjanja.

Sumarni prikaz stacionarnih performansi nalazimo u glavi 10. U ovoj glavi obrađene su stacionarne performanse za eliso-klipne i podzvučne i nadzvučne mlazne avione. Dijagramski su objašnjene minimalne brzine, brzine penjanja i maksimalne brzine i to u funkciji visine leta, kao i ograničenja leta u funkciji visine i brzine.

Specijalne performanse ili poletanje i sletanje aviona koje proučavaju kretanje aviona po poletno-sletnoj stazi i kretanje u letu neposredno pre sletanja i posle poletanja aviona, obrađene su u glavi 11. Autor, pored osnovne materije, obrađuje i uticajne faktore na poletanje i sletanje, kao što su: masa aviona, potisak vetar, nagib PSS, i dr. Robro odabrani primeri potpuno pokrivaju izloženu materiju.

U glavi 12. određen je dolet i trajanje leta. Obuhvaćeni su avioni sa eliso-klipom pogonskom grupom i mlaznim motorom. Autor definiše dolet kao horizontalnu udaljenost koju avion proleti na određenoj visini sa raspoloživom količinom goriva.

O totalnoj energiji i nestacionarnim performansama govori se u glavi 13. Autor je posvetio dužnu pažnju ovoj izuzetno važnoj materiji bez koje se ne mogu kvalitetno razmatrati manevri pri različitim brzinama i doleti-

ma. Navodi želju pilota da u vazdušnoj borbi uđu sa nadvišenjem u odnosu na protivnika, kako bi poniranjem došli do viška brzine koju bi koristili za izvođenje naglih manevara ili za brzu promenu visine. Kod mlaznih aviona sa većim rasponom brzina i uz znatnu promenu mase, performanse aviona se tretiraju kao nestacionarne. Od presudne važnosti je da avion ostvari što veći prirast ukupne ili totalne energije, tj. zbir potencijalne i kinetičke energije u jedinici vremena. Gubitak specifičnog viška snage, sprečavanje naglog porasta otpora i porasta potrebne snage, kao i druga obrađena pitanja od izuzetnog su značaja. Autor posvećuje dužnu pažnju pitanjima optimalnog penjanja i energetskim dijagramima performansi aviona.

U glavi o pravolinijskom spuštanju, autor obrađuje planiranje i obrušavanje. Kroz četiri adekvatna primera izložena materija je ilustrovana odgovarajućim dijagramima i skicama, a gradivo dobro sistematizovano.

U 15. glavi govori se o horizontalnom zaokretu, odnosno kretanju aviona po kružnoj putanji u horizontalnoj ravni. Ovo kretanje može biti ustaljeno ili neustaljeno, tj. stacionarno ili nestacionarno.

Figurno letenje obuhvata izvođenje različitih figura pri kojima avion menja pravac, visinu, brzinu, koeficijent opterećenja i položaj u prostoru. Od velikog broja mogućih figura, autor je obradio: naglo penjanje, petlju, valjak, imelman, prevrtanje i borbeni zaokret.

Prevučeni let i kovit, autor je obradio u glavi 17. Ovoj materiji autor je dao, kako po obimu tako i po načinu obrade i nivou, veliki značaj.

U poslednjoj glavi govori se o dometu leta. Naime, obrađena su područja u kojila je let aviona moguć. Kroz dijagrame h-V i n-V data su tumačenja mogućih ograničenja koja se tokom eksploatacije ne smeju narušavati, kao što su minimalna i maksimalna brzina, visina, koeficijent opterećenja, i dr.

Umesto zaključka

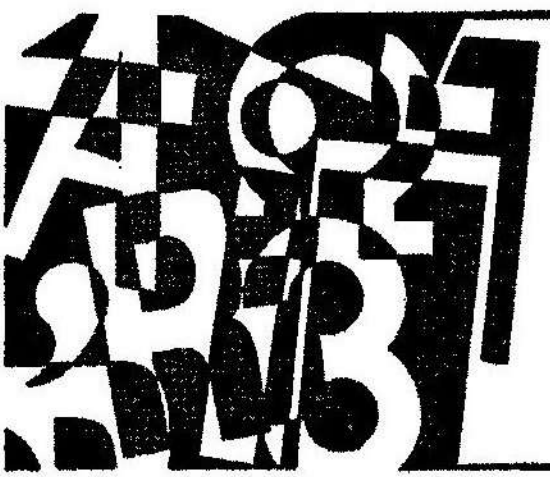
Ova knjiga je II deo jedne celine iz domena teorije letenja i zaslužuje visoku ocenu. Posle izlaska iz štampe svih delova, biće interesantno dati integralan prikaz i ocenu toj celini.

Sadržaj i kompozicijske karakteristike knjige zaslužuju pohvalu. Kompletna materija dobro je sintetizovana. Zahvaljujući jednostavnom stilu i odgovarajućem jezičkom izrazu, izložena materija u potpunosti je jasna i lako aplikativna. Tome su pridoneli i veliki broj odgovarajućih ilustracija i brojčanih primera.

Iako je knjiga, pre svega, namenjena pitomcima Vazduhoplovne vojne akademije, kao i studentima srodnih škola, imaće sigurno, daleko širi krug korisnika.

Ova knjiga će i bez preporuke, s obzirom na kvalitet i veliku mogućnost njene primene u svakodnevnoj praksi, naći siguran put do korisnika.

Prof. dr Branko Puharić,
dipl. inž.



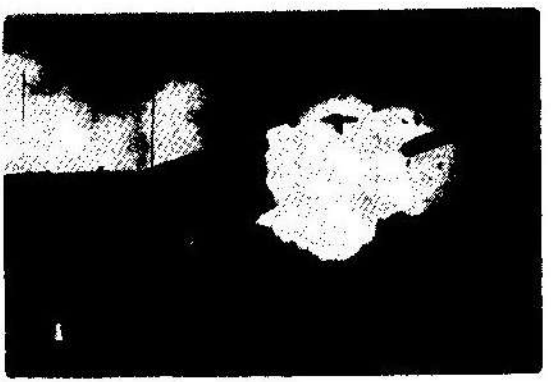
prikazi iz inostranih časopisa

SAMOHODNI VIŠECEVNI RAKETNI SISTEMI ZAPADNIH ZEMALJA*

U nekoliko poslednjih godina došlo je do naglog interesovanja za samohodne višecevne raketne sisteme (SVRS) u armijama na Zapadu, koje su u jednom periodu posle II svetskog rata (od 1955. do 1970) zanemarile ovu vrstu naoružanja. Osnovni zadatak ovih sistema je vatrena podrška u svim vidovima borbe vojnim jedinicama kopnene vojske.

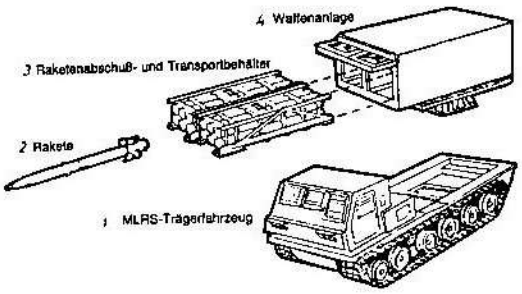
Pedesetih-šezdesetih godina zadaci vatrene podrške u armijama vodećih zemalja NATO obavljane su pomoću klasične artiljerije (topova i haubica). Pri tome se pretpostavljalo da je municija kalibra 203,2 i 155 mm dovoljna za uništavanje žive sile i zaštićenih ciljeva na većim površinama. Zbog ovakvog stava armija SAD i armije nekih evrovskih zemalja NATO od tada nisu dalje razmatrale višecevne raketne sisteme. Vojni stručnjaci na Zapadu smatrali su da se višecevni raketni sistemi, po preciznosti i efikasnosti vatre, odnosno nivou tehničkog razvoja, ne mogu porediti sa klasičnom artiljerijom i da ne odgovaraju potrebama za podršku kopnenim snagama u to vreme.

Međutim, već u prvoj polovini sedamdesetih godina, sa napretkom tehnike i tehnologije, pojavila se mogućnost za kvalitativan skok u razvoju artiljerijskog naoružanja. U SAD su razvijeni i izrađeni novi tpovi artiljerijske municije. To su bili kasetni projektili kalibra 105, 155 i 203,2 mm sa kumulativno-parčadnim dejstvom, protivpešadijskim i protivtenkovskim minama. Ovim projektilima povećana je efikasnost vatre artiljerije i višecevnih raketnih sistema za nepoliko puta, što je izazvalo ponovno upoređenje efikasnosti klasične artiljerije i višecevnih



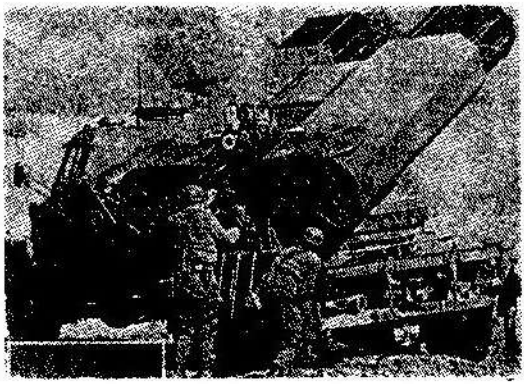
*) Prema podacima iz časopisa Зарубежное военное обозрение 5/91.

raketnih sistema. Tome su doprinele i nastale promene rukovodstva SAD i NATO u vođenju borbenih dejstava u određenim uslovima — konflikti malog i srednjeg intenziteta i u vođenju općšteg rata bez primene taktičkog nuklearnog naoružanja. Zbog toga su kopnenim snagama bili potrebni efikasni sistemi za uništavanje površinskih ciljeva približni taktičkom nuklearnom naoružanju. Ovim zahtevima najviše su odgovarali višecevni raketni sistemi. Kao primer navode se podaci iz nemačkog časopisa VERTEHNIK da baterija (osam lansirnih uređaja) višecevnih raketnih siftema »LARS 2« za 18 sekundi ispaljuje 228 nevođenih raketa. Za obezbeđenje vatrenog udara takve snage klasičnoj artiljeriji trebalo bi 16 baterija (18 topova u bateriji). Istovremeno, usredsređenost vatre ovog broja topova na jedan cilj (veće površine) praktično je nemoguć, po tvrđenju ovog nemačkog časopisa.



Sl. 1a — MLRS
1 — Transporter Bradly M2; 2 — raketa; 3 — spremnici raketa; 4 — lansirna kutija

Danas vojni stručnjaci na Zapadu smatraju samohodne višecevne raketne sisteme jednim od najefikasnijih vatrenih sredstava kopnene vojske. Kao osnovne vrednosti ovih sistema ističu se: sposobnost nanošenja neočekivanih (iznenadnih) koncentrisanih vatrenih udara po živoj sili i borbenoj tehnici protivnika, velika gustina vatre i gađanje zone grupnih ciljeva, velika brzina gađanja, velika manevarska sposobnost (brzo zauzimanje i napuštanje vatrenog položaja i mogućnost delovanja po čitavom azimutu) i jedinstveno održavanje i borbena primena.



Sl. 2 — LARS-2

Do početka osamdesetih godina, praktično jedina zemlja u NATO koja je u svom naoružanju kopnene vojske imala višecevne raketne sisteme i posvećivala pažnju njihovom daljem usavršavanju i razvoju bila je SR Nemačka. Još 1969 u oružane snage SR Nemačke uveden je višecevni raketni sistem »LARS«, kalibra 110 mm, sa 36 lansirnih cevi. Sistem se sastojao od dva dela sa po 18 lansirnih cevi na platformi kamiona. Gađanje je moglo da se vrši pojedinačno i rafalno (36 raketa za 18 sekundi) na daljinu do 14 kilometara. Sistem je koristio projektile DM-1 1 sa rasprskavajućom bojnom glavom, rasprskavajuće DM-2 1 koji se aktivirao iznad cilja na visini od 20 metara, kasetni DM-70 (napravljen u drugoj polovini sedamdesetih godina) snabdeven sa osam protivtenkovskih mina AT-1, dimni DM-15, koji sadrži 6 kg smeše za obrazovanje dimne zavese. Takođe, sistem sadrži i projektile sa korekturnim borbenim delom DM-15, koji imaju radarski uređaj radi korekcije osnovnih podataka za gađanje. Proračun osnovnih podataka i uvođenje neophodne korekcije ostvaruje se kompletom aparature sistema za upravljanje vatrom koja se nalazi namontirana

na šasiji vozila. Po dva ovakva vozila ulaze u sastav baterije višecevnih raketnih sistema. Pored toga, u bateriji se nalazi i vozilo za transport raketa koje može da primi 144 rakete.

Krajem sedamdesetih godina u SR Nemačkoj urađeno je dosta poboljšanja ovog sistema (pod nazivom LARS-2) koja su se odnosila na povećanje borbenog kvaliteta sistema, a, pored toga, modernizovan je i sistem za upravljanje vatrom. Lansirni uređaj je postavljen na sedmotonsko vozilo (MAN) sa velikom prohodnošću. Rakete su usavršene (primenjeni su visokoenergetski baruti za raketni motor), tako da je povećan domet gađanja na 19 do 25 kilometara. Višecevni raketni sistem LARS-2 lansira raketu sa kasetnom bojnom glavom DM-711 sa pet protivtenkovskih mina AT-2, dimnu sa 8,4 kg smeše za obrazovanje dimne zavese, što povećava njenu trajnost sa 12 minuta (kod DM-15) na 15 minuta. Pored toga, urađena je i raketa sa kasetnom bojnom glavom, koja sadrži 65 bombica sa kumulativno-parčadnim dejstvom (M42 i M77 američke proizvodnje). Ovaj sistem se i dalje usavršava, a nemački stručnjaci rade na raketama velike preciznosti koja otkriva cilj u letu na visini oko 1500 metara i sadrži glavu za samonavođenje (masa 11 kg, prečnika 102 mm i dužine 700 mm). Po izjavi nemačkih stručnjaka raketa može da ostvari pretraživanje cilja na delu terena u krugu prečnika 350 metara.

Sredinom sedamdesetih godina Nemačka je, zajedno sa Velikom Britanijom i Italijom, pokušala da razradi jedan evropski višecevni raketni sistem (program RS-80). Međutim, 1978. sporazumom između ove tri zemlje i SAD ove zemlje su se uključile u američki program stvaranja samohodnog višecevnog raketnog sistema MLRS kao standardnog sistema NATO, pa je program RS-80 prekinut.

Po oceni zapadnih vojnih stručnjaka višecevni raketni sistem MLRS je, po realizovanim rešenjima, jedan od najboljih i najperspektivnijih sistema, sa velikom efikasnošću borbene primene. Od 1983. višecevni raketni sistem MLRS nalazi se u naoružanju SAD, a krajem sedamdesetih godina usvaja se i u vojskama zapadnoevropskih saveznika, s tim da se i dalje radi na njegovom usavršavanju i to naročito na povećanju vatrene moći.

Hronologija razvoja višecevnog raketnog sistema MLRS odvijala se na sledeći način: početkom 1976. Uprava artiljerije armije SAD dala je inicijativu za razvoj višecevnih raketnih sistema opšte vatrene podrške (GSRS — General Support Rocket System) koji bi imao veliku brzinu paljbe, a primenjivao jeftine, ali efikasne rakete. Ugovor je sklopljen sa pet vodećih firmi vojnoindustrijskog kompleksa koje su ušle u konkurenciju za izbor definitivnog rešenja i nosioca projekta GSRS, a krajem 1977, na konkursu su pobedile firme VOUGHT i BOEING sa nizom saradničkih kompanija. Ove firme su po ugovoru koji je bio sklopljen bile obavezne da za 2,5 godine izrade i spreme za poligonska ispitivanja po tri lanserna uređaja i oko 140—160 raketa. Kao vozilo za nošenje lansera firme su dobile gusenično vozilo-transporter BMP M2 BRADLY, proizveden te godine. Pošto su se početkom 1978. u ovaj projekat uključile Nemačka, Velika Britanija, Italija i Francuska sistem je usvojen kao standard za NATO i dobio je naziv MLRS (Multiphe Laurch Rocket System). U skladu sa ovim dogovorom jedna proizvodna linija za izradu lansera i raketa bila bi u SAD, a druga u Evropi. Za potrebe novih učesnika programa korigovani su taktičko-tehnički zahtevi za izradu sistema. Predviđeno je da rakete imaju tri tipa kasetne bojne glave: sa parčadno-kumulativnim bombicama za uništavanje žive sile, sa protivtenkovskim minama AT-2 i glavom sa sistemom za samonavođenje. Posle prvih ispitivanja 1979. i dobrih rezultata, 1980. sklopljen je ugovor o serijskoj proizvodnji višecevnih raketnih sistema MLRS sa fir-

mom VOUGHT (njen sistem je bio precizniji i jeftiniji od sistema firme BOEING). Serijski modeli višecevnih raketnih sistema MLRS su 1983. počeli da se koriste u jedinicama SAD koje su bile locirane u bazama u SR Nemačkoj. Prvi serijski model višecevnog raketnog sistema MLRS evropske proizvodnje sišao je sa trake 1989. Potrebe evropskih zemalja učesnica projekta za višecevnim raketnim sistemima MLRS su sledeće. Nemačka — 200 komada, Velika Britanija — 67, Francuska — 55, Italija — 20 komada, a u drugoj polovini osamdesetih godina postignut je dogovor o kupovini i isporuci ovih sistema armijama Holandije i Turske.

Lansirni uređaj sa obrtnom platformom višecevnog raketnog sistema MLRS postavljen je na šasiju oklopljenog guseničkog vozila BREDLY M2 sa oklopljenom kabinom u prednjem delu. Kabina je napravljena od aluminijumskog oklopa i obezbeđuje posadi zaštitu od vatre pešadijskog naoružanja i delova artiljerijskih projektila. Lanser se sastoji od mehanizma za upravljanje po pravcu i elevaciji, dva hermetična kontejnera sa po 6 raketa, stabilizovane nišanske linije, pogona lansera i krana za sopstveno punjenje lansera. Za pokretanje lansera kutije po elevaciji i pravcu koristi se hidraulički servosistem, koji sačinjavaju: hidraulični rezervoar, elektromotori, pumpe, servoventili, hidraulični motori, rashladni uređaj, filtar, hidraulični razvodnik i odgovarajući vodovi i ventili. Pored toga, ugrađen je i ručni pogon (zavojno vreteno sa kuglicama) u slučaju da otkaže servosistem. Masa potpuno napunjenog lansera sa vozilom iznosi 24564 kg, dužina 6,9 metara, visina 2,5 metra i širina 2,9 metara. Maksimalna brzina kretanja vozila na putu je 64 km/h, a radijus kretanja 485 km. Savlađuje uspone do 60 %, bočne nagibe 40 %, rov širine 2,29 metara, vertikalni zid do 0,91 metar. Poslugu sačinjavaju komandir, vozač i nišandžija. Sve komande se obavljaju iz kabine vozila, odnosno pomoću dve jedinice za daljinsko upravljanje vatrom sa udaljenosti 35 m od kabine vozila.

Stručnjaci na Zapadu u konstrukciji višecevnog raketnog sistema MLRS daju neka rešenja koja su po njihovom mišljenju jako savremena i perspektivna.

Prvo, to je konstrukcija (nosača lansirnih cevi) koja je oblikovana u obliku transportno-lansirnih kontejnera, proizvedenih i opremljenih raketama neposredno u fabrici proizvođača. To je omogućilo da se pojednostavi i ubrza proces ponovnog punjenja, koji se svodi na zamenu iskorišćenog kontejnera sa raketama sa punim transportno-lansirnim kontejnerom. Ovaj kontejner ima masu od 2270 kg i dimenzije 4166×1051×837 mm, a predstavlja šest lansirnih cevi napravljenih od staklоplastike i učvršćenih u ram od aluminijuma. Rok čuvanja raketa u ovakvom transportnolansirnom kontejneru je najmanje 10 godina.

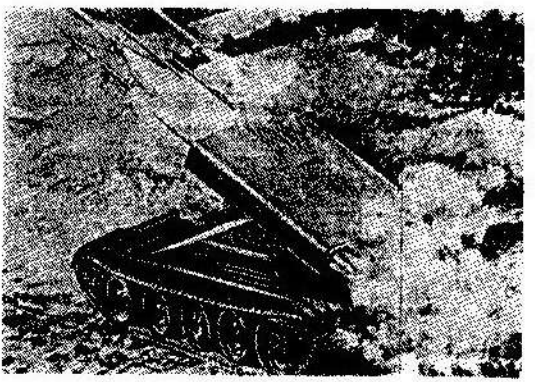
Drugo, sredstvo je opremljeno sopstvenim uređajem za podizanje i zamenu spremnika sa raketama čime je otklonjena neophodnost razrade specijalne dizalice za punjenje, što je povećalo autonomnost višecevnog raketnog sistema MLRS.

Treće, raketni sistem MLRS opremljen je sistemom za upravljanje vatrom sa velikim stepenom automatizacije procesa gađanja, od određivanja svog i protivničkog položaja, pa do korekcije vatre i automatskog prenošenja vatre pri gađanju na uništavanje nekoliko ciljeva istovremeno.

Četvrto, zajedničkim programima razvijeno je više tipova i vrsta raketa koje se lansiraju iz višecevnog raketnog sistema MLRS. Nevođena raketa sa kasetnom bojnom glavom sadrži 644 bombice M77. Masa rakete, čiji je kalibar 227 mm, iznosi 307 kg, a dužina 3937 mm. Maksimalna daljina gađanja je 32 km. Upaljač je vremenski i elektronski sa daljinskim podešavanjem

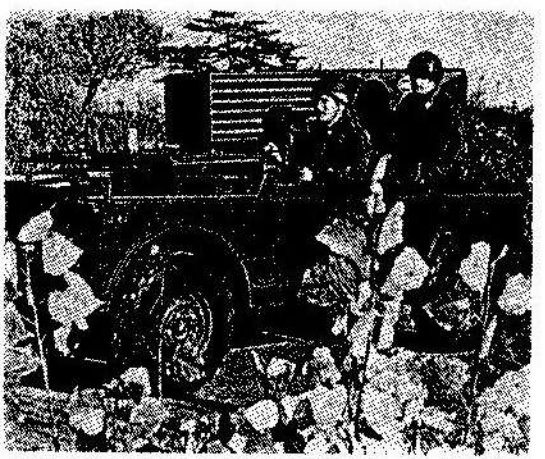
(XM 445) i može se aktivirati iznad rejona cilja. Jedan lanser sa svojim punjenjem od 12 raketa izbacuje na cilj 8000 bombica koja prekrivaju oko 25000 m^2 (158×158 m), što je po efektu na cilj ravno vatri 28 haubica od 203 mm u jednoj minuti. Nemački stručnjaci su za sopstvene potrebe razvili raketu sa kasetnom bojnom glavom koja sadrži 28 protivtenkovskih mina AT-2. Masa ove rakete čiji je kalibar 236,6 mm iznosi 259,2 kg, a maksimalna daljina gađanja je 40 km. Jedan lanser sa svojim punjenjem pokriva površinu dimenzija 1000×400 m. U skladu sa zajedničkim programom razvijena je i raketa sa kasetnom bojnom glavom koja sadrži tri samonavođena bojna elementa. Razvoj ovih preciznih raketa (program MLRS/TGW) ostvaruje međunarodni konzorcijum u koji su ušli firme iz SAD, Nemačke, Velike Britanije i Francuske. Svaki bojni element ima kumulativno punjenje, radiolakacionu glavu za samonavođenje, koja radi u milimetarskom opsegu elektromagnetnih talasa, i mehanizme za upravljanje. Pri približavanju ovakve rakete cilju aktivira se vremenski upaljač i, nakon toga, bojni elementi ostvaruju planiran let po određenoj putanji, pretražujući teritoriju od nekoliko kilometara uzdužno. Nakon pronalaženja oklopljenog cilja (tenka ili transportera) dolazi do navođenja bojnog elementa tačno na cilj. Maksimalni domet ove rakete je 45 km, a uvođenje ovog vrlo preciznog borbenog sredstva u naoružanje očekuje se u prvoj polovini devedesetih godina.

Krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina modeli višecevnih raketnih sistema počeli su da se proizvode i u drugim zemljama NATO. Italijanska firma »SNIA — VISKOZA« razvila je RS 30 »FIROS-6« i »FIROS-25/30«. RS 30 FIROS-6 je četrdesetosmocevni lanserni uređaj za rakete kalibra 51 mm. Artiljerijski deo se sastoji od 48 lansirnih cevi, gornjeg i donjeg postolja, mehanizma za navođenje i nišanskih sprava. Može se postavljati na vozila sa povećanom prohodnošću tipa »džip« ili na točkašu FIAT 6614. Rakete imaju domet oko 6,5 kilometara i razvijene su sledeće vrste: parčadna, parčadno-zapaljiva, oklopno-zapaljiva, kumulativno-parčadna i svetleća. Punjenje lansera vrši se ručno u roku od 5 minuta. Upravljanje gađanjem može se vršiti iz vozila ili daljinski kablom dužine 30 m.



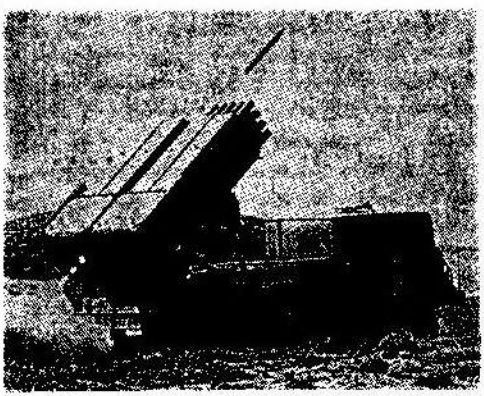
Sl. 3 — FIROS 25

RS »FIROS-25/30« je višecevni raketni sistem sa navođenim raketama kalibra 122 mm. Lansirni uređaj smešten je na vozilo povećane prohodnosti. Lanser se sastoji od dva dela sa po dvadeset lansirnih cevi, mehanizma za



Sl. 4 — FIROS 6

navođenje i sistema za lansiranje raketa. Za gonjenje se koriste dve vrste raketa FIROS-25 sa maksimalnim dometom do 25 km i FIROS-30 sa maksimalnim dometom od 34 km. Bojne glave rakete, razvijene za ovo sredstvo, jesu: parčadne, parčadno-fugasne, dimne, kasetne sa 177 bombica ili protivtenkovskim minama. Punjenje lansirnog uređaja vrši se zamenom nosača lansirnih cevi raketa pomoću dizalice transportno-tovarnog vozila, a postoji i mogućnost ručnog punjenja. RS 30 FIROS-30 je 1987. uveden u naoružanje italijanske armije. Raketa FIROS-25 proizvodi se samo za izvoz i primenjuje na sistemima koji se izvoze u Ujedinjene Arapske Emirate i druge zemlje bliskog istoka.



Sl. 5 — TERUEL-2

Osamdesetih godina u Španiji je, po zadatku ministarstva odbrane, razvijen višecevni raketni sistem RS30 TERUEL koji je trebalo da zameni stare višecevne raketne sisteme koji su se nalazili u naoružanju šezdesetih godina. Ovaj sistem je, po konstruktivnim rešenjima, sličan italijanskom sistemu FIROS-25/30, mada mu je kalibar povećan na 140 mm. Za sistem postoje dve vrste navođenih raketa: standardna sa daljinom gađanja do 18 km i sa dodatnim pogonskim punjenjem koje obezbeđuje maksimalni domet rakete do 28 km. Rakete imaju sledeće vrste bojnih glava: parčadno-fugasne, kasetne (sa bombicama, protivtenkovskim minama i dimnim kockama).

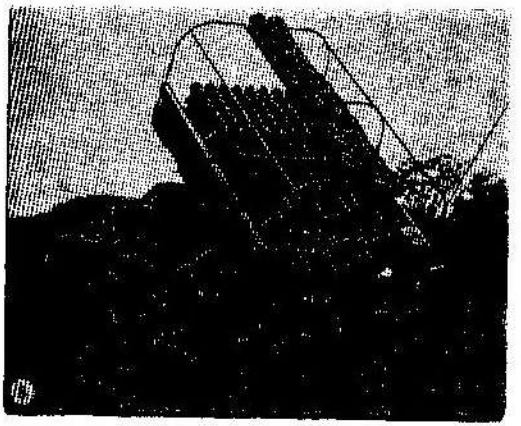
U Belgiji je razvijen laki višecevni raketni sistem RS30 LAU-97 u samohodnoj i vučnoj varijant za dejstvo do 8 km daljne. Sistem je napravljen po uzoru na avionsku nevođenu raketu klase vazduh-zemlja, kalibra 70 mm. Lanser se sastoji od 40 cevi postavljenih na pokretno postolje sa mehanizmom za navođenje i nišanjenje i nišanskom spravom. Lanser se može montirati na šasiju lakog tenka, transportera, teretnog vozila ili na jednoosovinskoj prikolici nosivosti 1 tone. Po nekim saznanjima, RS30 LAU je usvojen u naoružanje nekih zemalja bliskog istoka.

Osim zemalja NATO, razvojem višecevnih raketnih sistema sedamdesetih-osamdesetih godina aktivno su se bavile i druge zapadne zemlje. U ovom periodu višecevni raketni sistem razvijeni su i uvedeni u naoružanje zemalja kao što su Izrael, Južnoafrička Republika, Brazil, Japan, Argentina, Južna Koreja, Tajvan, Egipat, kao i Irak i Iran. Po tehničkim rešenjima i konstrukciji najveću pažnju privlače višecevni sistemi napravljeni u Izraelu, Južnoafričkoj Republici i Brazilu.

U Izraelu su razvijena tri RS30: MAR-350, MAR-290 i LAR-160 (brojevi označavaju kalibar rakete u mm). Sistem MAR-350, čija se ispitivanja vrše u izraelskoj armiji, ima domet 75 km. Rakete se čuvaju, transportuju i lansiraju iz cilindričnog kontejnera čije se punjenje vrši u fabrici. Raketa je teška 800 kg, a dugačka 5 metara i ima bojnu glavu različitih tipova, uključujući i kasetnu. Artiljerijski deo sa dva kontejnera može se montirati na gusenično vozilo ili vozilo točkaš.

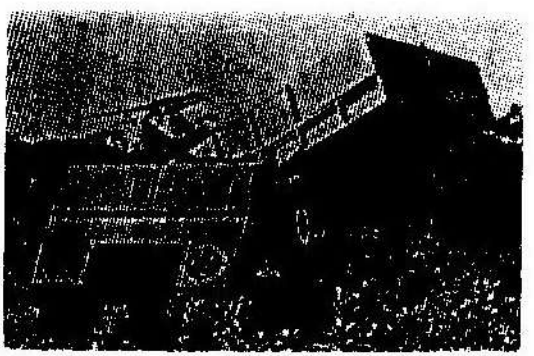
RS30 MAR-290, koji se nalazi u naoružanju izraelske armije, postavljen je na šasiju tenka CENTURION na kojem je napravljen artiljerijski deo sa četiri cevaste vođice. Raketa kalibra 290 mm, mase 600 kg i dužine 5,46 m

omogućava lansiranje 325 kg teškog bojnog dela rakete na daljinu od 25 km. Rasklopivi mehanizam za ponovno punjenje ima originalnu konstrukciju. Predstavlja hidraulični mehanizam koji se montira na lansirni uređaj u delovima za ponovno punjenje i priključuje se na njih hidrauličnim sistemom. Pomoću njega ponovno punjenje lansirnog uređaja može da izvrši jedan član posade samo za 10 minuta.



Sl. 6 — VALKIRI

Višecevni raketni sistem LAR-160 razvijen je i napravljen i za izvoz. Razlikuje se po konfiguraciji lansirnog mehanizma, jer se može birati 13, 18 ili 25 lansirnih cev, što zavisi od nosivosti izabrane šasije vozila. Ostali elementi sistema su konstruktivno isti. Razrađene su razne varijante i lansirni uređaj se može postaviti na gusenične šasije tenkova, američkog transportera M58, vozila sa točkovima velike prohodnosti i na automobilske prikolice. Višecevni raketni sstem LAR-160 je u naoružanju armje Venecuele (lanser sa 25 cevi) na šasiji francuskog lakog tenka AMX-13.



Sl. 7 — ASTROS II

Od 1982. u naoružanje vojske Južnoafričke Republike usvaja se višecevni raketni sistem kalibra 127 mm sa 24 lansirne cevi koji je napravila kompanija APMCKOP. Odlikuje se neobičnom konstrukcijom lansirnog uređaja. Lansirne cevi su namontirane u tri reda po osam komada neposredno u karoseriji nemačkog dvotonskog vozila povećane prohodnosti UNIMOG. Karoserija ima okretni ram i mehanizme za navođenje po pravcu i elevaciji. Hodni deo se pre gađanja rasterećuje posredstvom dve hidraulične dizalice. Karoserija na kojoj se nalazi lansirni uređaj može se zatvoriti rasklopnim ramom sa ceradom, što je značajno za maskiranje lansera, jer tako izgleda kao obično teretno vozilo.

Brazil se bavi razvojem višecevnih raketnih sistema od početka šezdesetih godina. Firma AVIBRAS proizvela je 1983. višecevni raketni sistem ASTROS-2.Lansirni uređaj je postavljen na šasiju desettonskog vozila TEKTRAN (6×6) velike prohodnosti. Ima modularnu koncepciju korišćenjem različitih lansirnih kutija sa cevima različitih kalibara, tako da se sa istog oruđa mogu ispaljivati rakete tri razliičta kalibra bez ikakvih modifikacija. Rakete su kalibra 127 mm (SS-30). 180 mm (SS-40) i 300 mm, (SS-60) sa dometom gađanja od 30, 35 i 60 km. Lansirni uređaj za kalibar 127 mm ima 32 cevi, za kalibar 180 mm ima 16 cevi i za kalibar 300 mm 4 cevi. Osim parčadno-fugasnih i kumulativno-parčadnih, rakete većih kalibara imaju i kasetne bojne glave sa 20 bombica u SS-40 i 65 u SS-60. U bateriju ulaze četiri lansirna uređaja i vozilo za upravljanje vatrom sa radarom, kao i po jedno vozilo za svaki lanser koje transportuje rakete ASTROS-2

nalazi se u naoružanju armija Iraka i Saudijske Arabije.

Mnoge zemlje Bliskog i Srednjeg istoka, pre svega Egipat, Irak, Iran, Pakistan i dr., razvijale su i počele da proizvode sopstvene višecevne raketne sistme. Napravljeni i uvedeni u naoružanje armija ovih država višecevni raketni sistemi su, u stvari, malo izmenjene verzije (praktično kopije) stranih sistema, uglavnom ruskih i kineskih ili modernizovani modeli izrađeni u kooperaciji na osnovu inostrane tehnologije.

Po oceni stručnjaka sa Zapada, višecevni raketni sistem će sve vše povećavat svoje učešće u kopnenim snagama armija NATO i zapadnih zemalja i devedesetih godina.

Tabela

Naziv sistema (zemlja)	Vozilo (baza)	Masa (t)	Kalibar (mm) broj lansirnih cevi	Daljina gađanja km. max / min	Tip bojne glave	Član posade
MLRS (SAD)	BRADLY M2	25,2	227, 236, 6 / 12	32, 40—45	kasetna	3
LARS-2 (Nemačka)	7-t kamion 6×6	17,5	110 / 36	14, 19, 25 / 6	kasetna, parčadno-fugasna dimna	3
FIROS 6 (Italija)	automobil džip 4×4, transporter	2,67 Fiat 4×4	51 / 48	6,55	protivoklopna parčadna, dimna, osvetljavajuća	2
FIROS 25/30 (Italija)	kamion IVEKO 6×6	—	122 / 40	25, 34 / 6	Kasetna, parčadno-fugasna dimna	—
TERUEL (Španija)	kamion PEGASO 6×6	—	140,5 / 40	28 / 6	kasetna, parčadno-fugasna dimna	5
LAU-97 (Belgija)	kamion 4×4, 6×6 jednoosovniska prikolica, laki tenk	5,35 na 4×4	70 / 40	8; 9,5	kasetna, dimna, protivoklopna, parčadna, osvetljavajuća	3
MAR-200 (Izrael)	Tenk CENTURION	—	270 / 4	25	parčadno-fugasna	—
LAR-160 (Izrael)	Tenk M47, AMX 13, transporter M548, kamion M809 (6×6) prikolica	45, 19, 2 2, 8, 14, 2	160 / 13, 18, 25	30 / 12	kasetna, parčadno-fugasna	—
VALKIRI-22 (JAR)	2-t vozilo UNIMOG 4×4	6,44	127 / 24	22 / 8	parčadna	2
ASTROS-2 (Brazil)	10-t kamion TEKTRAN 6×6	—	127, 180, 300 / 32, 16, 4	30; 35; 60 / 9; 15; 20	kasetna, parčadno-fugasna	—

VIŠENAMENSKA VOZILA NA GUSENICAMA U ZAPADNIM ZEMLJAMA*

Danas mnoge zapadne zemlje u svom naoružanju imaju višenamenska vozila na gusenicama koja služe za ugradnju različitih sistema oružja i tehničkih borbenih sredstava na njih. Po pravilu, ova vozila predstavljaju vrlo poznata borbena vozila, ali sa neznatnim konstruktivnim izmenama. Laki oklop ili izostavljanje oklopa povećava nosivost šasije, vozila se lakše remontuju, koriste i održavaju. U priloženoj tabeli date su taktičko-tehničke karakteristike ovih vozila.

SAD

U naoružanju KoV SAD nalazi se višenamenska šasija na gusenicama M987. Na nju se, najčešće, ugrađuje višecevni raketni bacač MLRS ili uređaj za elektronski rat EFVS. Pored ovih namena, šasija se, takođe, koristi i za izradu vozila za transport i pretovar municije u borbena vozila (tenkove). U konstrukciji šasije M987 korišćeni su mnogi agregati i sklopovi borbenog vozila pešadije M2. Vozilo ima oklopljenu skidajuću kabinu sa više sedišta, teretnu platformu sa ugrađenim naoružanjem i masu od 10 t. Pogonski uređaj je četvorotaktan, osmocilindrični, V dizel motor sa turboprehranjivaačem i vodenim hlađenjem, smeštenim ispod kabine. Iznad motora horizontalno je postavljen hladnjak sistema za hlađenje motora i prečistač vazduha. Motor se pušta u rad električnim putem, a napajanje se dobija iz četiri akumulatora i generatora snage 6,16 kW, dok je napon 24 V.

U istom odseku sa motorskom grupom smeštena je hidrostatička transmisija koja konstruktivno omogućuje da se poveća srdenja brzina vozila. Mehanički deo ove transmisije sastoji se od pet planetarnih nizova, tri frikcione spojnice, od kojih jedna razdvaja motor od transmisije kada se motor pušta u rad u uslovima niskih temperatura i pet kočnica, od toga su dve zaustavne. Higrostatička transmisija obezbeđuje dovod snage na bočne reduktore u četiri dijapazona. Promena stepena prenosa je automatska pomoću elektro-mehaničko-hidrauličkog sistema, a mehanizam za zaokretanje vozila je diferencijalnog tipa. Pri vožnji na nižim stepenima prenosa vozilo se može okretati oko svoga centra. Bočni reduktori imaju cilindrične zupčaste prenose.

Šasija ima šest potpornih točkova i tri valjčića za podržavanje gusenica. Pogonski točkovi su u prednjem delu vozila, a potporni točkovi imaju aluminijumske diskove i gumene obruče. Gusenice imaju gumeno-metalne zglobove paralelnog tipa i gumiranu stazu po kojoj se kreću potporni točovi. Pri kretanju vozila po tvrdom zastoru (asfalt, beton) na gusenice se stavljaju specijalne papuče. Za zatezanje gusenica koristi se hidraulički mehanizam.

Pojedinačno oslanjanje izrađeno je po tipu »torzion — cev« i obezbeđuje visoki stepen energetskog kapaciteta elastičnih elemenata bez znatnog povećanja njihovih dimenzija. Torzioni štapovi su postavljeni po celoj širini šasije. Prvi, drugi i šesti potporni točak sa obe strane vozila imaju hidrauličke amortizere i ovakva konstrukcija oslanjanja vozila obezbeđuje veliku srednju brzinu vozila preko ispresecanog zemljišta (i do 40 km/h).

Specijalno za potrebe snage KoV razvijen je višenamenski transporter na gusenicama prelazne kategorije (po masi do 30 t), čija je oznaka MASV. Na njemu treba da budu ugrađeni protivoklopni vođeni projektili, višecivni raketni bacač, protivavionske rakete i minobacači. Moguće je, takođe, da se vozila MASV koriste kao vozila za prevoz i pretovar municije u tenkove na bojištu, kao komandna, izviđačka, sanitetska vozila i vozila za tehničko održavanje.

*) Prema podacima iz časopisa »Техника и вооружение« 6/91.

Osnovni agregati transportera, kao što su motor, sklopovi transmisije i hodnog dela, pozamljeni su od šasije M987, dok su organi upravljanja (upravljač, pedale), table sa kontrolnim instrumentima, sedišta i sredstva za osmatranje uzeti od tenka M1A1. Nepokretna kabina ima ukošenu čeonu ploču i periskopske uređaje za osmatranje. Zbog toga je visina vozila smanjena, pa je moguće prevoženje avionom C-141.

Telo transportera izrađeno je od aluminijumskih oklopnih ploča i u odnosu na telo transportera M987 broj zavarenih elemenata umanjen je za dva puta, a masa za 34%. Srednji i zadnji deo vozila, iza kabine, izrađeni su u vidu kutijaste konstrukcije koja se sastoji od odseka u kojima su smešteni gumeni rezervoari sa gorivom. Pogonski blok (motor, transmisija i njihovi sistemi) smešten je u prdenjem delu vozila, desno od vozača, dok su usisne žaluzine motora smeštene iznad gusenične police. Ova knostrukcija omogućuje vozilu MASV da savlada gaz do dubine od 1,22 m. Ovaj transporter ima semiosloni hodni deo, čime je postignuta ritmičnost vožnje i prohodnost vozila.

Nemačka

U Nemačkoj se serijski izrađuje višenamenska oklopljena šasija posebno lake kategorije WIESEL, koja je namenjena vazdušnodesantnim snagama. Na ovu šasiju se postavlja kupola sa automatskim topom 20 mm ili lanserom protivoklopnih vođenih projektila TOW. Za kasnije je planirano da se na šasiju ugradi protivoklopni raketni sistem HOT, radar RATAC-S, lanser vođenih projektila zemlja-vazduh STINGER, a takođe da se šasija koristi za komandno-štabno i sanitetsko vozilo.

Telo šasije je zavareno od ploča specijalnog oklopa, koji štiti posadu od zrna i parčadi. Motorno-transmisioni uređaj je u jednom bloku u koji ulaze motor, agregati transmisije, sistem hlađenja i prečistač. vazduha. Cevovodi i električni provodnici imaju spojeve koji se brzo razdvajaju, tako da se demontaža ovog bloka može obaviti za 10 minuta, a omogućeno je i proveravanje radne sposobnosti bloka van vozila.

Dizel motor sa turboprehranjivačem ima grejač koji se koristi pre puštanja motora u rad. U transmisiji je korišćen trostepeni automobilski planetarni menjač serijske proizvodnje sa hidropretvaračem, dvostepenim izlaznim reduktorom, diferencijalnim mehanizmom zaokreta sa disk-kočnicama i dva bočna reduktora. Zaustavna (nožna) kočnica ima hidraulični pogon, a parkirna (ručna) mehanični.

Hodni deo ima četiri potporna točka sa dva valjka za podržavanje gusenica na svakoj strani vozila. Potporni točkovi, od kojih zadnji igraju ulogu lenjivaca, dvoredni su sa gumenim obručima. Oslanjanje vozila je torziono sa opružnim odbojnicima. Krajnji potporni točkovi imaju hidrauličke amortizere, a u metalno-kordne trake gusenica zavulkanizirane su čelične prečage. Radno mesto vozača ima tri periskopska uređaja za osmatranje, a jedan od njih može da bude zamenjen noćnim uređajem bez osvetljenja. Vozilom se upravlja pomoću poluvolana.

Krajem 1989. u Nemačkoj je izrađen opitni primerak lakog oklopnog vozila AV-90 koje je planirano da zameni oklopni transporter M113 koji se još nalazi u naoružanju KoV Nemačke. Na bazi vozila AV-90 verovatno će se izrađivati borbeno vozilo pešadije, naoružano automatskim topovima 20 ili 25 mm ili topovima 60 ili 90 mm; samohodni protivavionski top; vozilo sa lanserom protivoklopnih vođenih projektila TOW i sanitetsko vozilo.

Kod celokupne familije vozila AV-90 koristi se šasija italijanskog vozila C13. Pogonski blok (motor, transmisija, sistem hlađenaj i prečistač vazduha) smešten je u prednjem delu vozila, koje

Taktičko-tehničke karakteristike višenamenskih vozila na gusenicama

Tehničke karakteristike	Zemlja-proizvođač, oznaka vozila										
	SAD M987	SAD MASV	SRN WIESEL	SRN AV-90	SRN PUMA	V. Britanija F.V.4333 »Stromer«	Francuska VRX-5000	Italija OTO C13	Italija C14	Belgija COBRA 41	Švedska CV90
Masa u opremljenom stanju, t	15	13,4	2,03	—	—	11,5	—	12,3	12,5	6,5	—
Nosivost, t	10	13,5	0,72	—	—	3,0	1,0	1,5	6,5	2,1	—
Masa u borbenom stanju, t	25	26,9	2,75	16,5	25/38	14,5	4,6—5,8	13,8	19,0	8,6	20
Snaga motora, kW	368	442	63	271	324	187	132	246	330	140	368
Maksimalna brzina na putu, km/h	64	58	80	64	65—70	80	80	70	65	75	70
Autonomija vožnje po gorivu, km	483	480	200	762	650	650	300	400	500	600	300
Savlađivanje uspona, stepeni	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

je izrađeno od ploča aluminijumskog oklopa. U konstrukciji AV-90 koristi se veliki broj sastavnih delova koji su unificirani i sa vojnim i sa komercijalnim serijskim vozilima. U šasiju je ugrađen automobilski dizel motor sa turboprehranjivačem i tečnim hlađenjem i automatska transmisija LSG 1500. Ova transmisija ima blokirajući hidrostatički mehanizam zaokreta, hidrodinamički usporivač (retarder) i mikroprocesorsko upravljanje. oHdni deo sastoji se od 6 potpornih točkova na svakoj strani, hidrauličkih amortizera i torzionog oslanjanja. Gusenice i potporni točkovi su uzajamno zamenjivi sa oklopnim transporterom M113.

Već se danas radi na razvoju familije vojnih vozila na gusenicama na bazi višenamenske oklopljene šasije PUMA. Za njenu konstrukciju korišćeni su agregati i delovi koji su izrađeni u civilnoj industriji. Predviđa se da bi ova familija vozila imala preko 20 modifikacija. Predviđeno je, takođe korišćenje dizel motora, snage od 328,8 do 552 kW, sa automatskim transmisijama ZF i RENK dok će se kod hodnog dela koristiti sklopivi i delovi tenkova LEOPARD-1 i LEOPARD-2.

Velika Britanija

U Velikoj Britaniji je konstruisano višenamensko vozilo na gusenicama lake kategorije F. V. 4333 STORMER sa dizel motorom sa turboprehranjivačem T6/3544, snage 184 kW, i poluatomatskom transmisijom sa prethodnim izborom i automatskom promenom stepena prenosa. Mehanizam za zaokretanje ima dvojni dovod snage. Planirano je da se na šasiju STORMER ugradi lanser raketnog sistema STARSTRIKE, topovsko-raketni sistem PVO, samohodni top 75 i 90 mm, a šasija se može koristiti kao sredstvo za tehničku pomoć, komandno-štabno i sanitetsko vozilo, Oblik i zapremina tela vozila, kao i oklop, zavisiće od namene.

Francuska

Razvijena je oklopljena šasija na gusenicama posebno lake kategorije (po masi) VRX-5000. Sada se na ovu šasiju ugrađuju protivoklopni raketni sistemi HOT i MILAN, a planirana je i ugradnja radara sa antenom na teleskopskom jarbolu. Takođe se može koristiti kao desantno vozilo sa mitraljezima 12,7 i 7,62 mm u kupoli. Vojni stručnjaci smatraju da je bitni nedostatak šasije VRX-5000 benzinski motor, jer je povećana opasnost od požara. Zbog toga je na šasiju VRX-40, na kojoj je ugrađen minobacač 120 mm, ugrađen šestocilindarski dizel motor BMW M21D sa turboprehranjivačem i vodenim hlađenjem snage 95 kW.

Italija

U naoružanju KoV Italije nalazi se višenamensko oklopno vozilo lake kategorije OTO C13, čija se osnova koristi za izradu borbenog vozila pešadije, oklopni transporter, samohodni lanser raketa obalske odbrane OTOMAT, samohodni protivavionski sistem, a takođe kao oklopno vozilo za remont i evakuaciju i kao sanitetsko vozilo. Za ugradnju naoružanja i vojničkih tehničkih sredstava namenjen je teretni transporter OTO C14.

To vozilo ima često cilindarski dizel motor JD38SSV6 sa turboprehranjivačem i tečnim hlađenjem, snage 265 kW, kao i hidromehaničku transmisiju, i diferencijalni sistem zaokreta sa hidrostatičkim prenosom. Kod hodnog dela koristi se torziono oslanjanje, gusenice imaju gumeno,metalne zglobove, gumiranu stazu po kojo se kreću potporni točkovi i papuče za kretanje asfaltiranim putevima. Telo vozila izrađeno je od aluminijumskih legura, što mnogo doprinosi povećanju nosivosti vozila.

Belgija

U Belgiji je razvijena familija lakih oklopnih vozila na bazi oklopnog transportera COBRA-41: oklopno izviđačko vozilo COBRA-25, šasija za lanser PS-30 i laki tenk COBRA. Navodi se da je, zahvaljujući korišćenju električne transmisije, postignuto smanjivanje dimenzija bez smanjivanja zapremine u oba odeljenja sa članovima posade.

Švedska

Krajem 1988, za potrebe KoV Švedske, razvijeno je višenamensko borbeno vozilo CV90 koje bi, navodno, trebalo da posluži kao bazni model za laka borbena vozila i specijalna vozila za devedesete godine. Sada se CV90 koristi kao borbeno vozilo pešadije, samohodni protivavionski top, vozilo za upravljanje artiljerijskom vatrom i osnova za ugradnju minobacača. Karakteristična odlika vozila ove familije je niski pritisak na tlo (do 46 kPa), što obezbeđuje dobru prohodnost vozila preko pošumljenog i blatnjavog zemljišta, takođe preko dubokog snega i tankog leda.

P. M.

SISTEMI ZA NOĆNO OSMATRANJE*

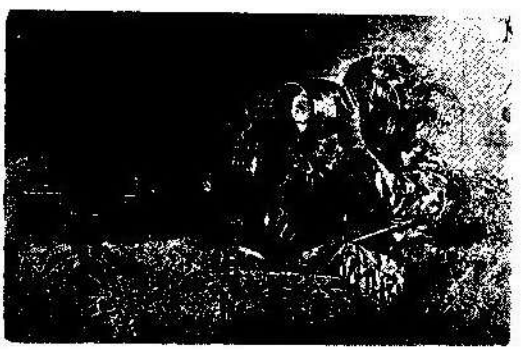
Manje od tri meseca posle završetka rata u Persijskom zalivu, koji se vodio između snaga savezničke koalicije i Iraka, u predstavništvu kompanije ITT Elektro-optical Product Division, komandant logističke komande Američke vojske, general William G. T. Turtle, odao je priznanje kompaniji za veoma značajnu ulogu njenih sistema za noćno osmatranje u operaciji »Pustinjska oluja«. »Mi smo posedovali noć u Iraku zahvaljujući vama«, bez kompanijinih sistema za noćno osmatranje američke snage ne bi mogle da se, pod zaštitom mraka, neprimetn kreću preko teritorije Iraka i iznenade neprijatelja.

*) Prema podacima iz časopisa: Armada International 5/91.

Borba u noćnim uslovima nije novost. Još od najranijih vremena razne vojske su koristile pogodnosti noći da sakriju svoje pokrete i pregrupisavaje. Međutim, s druge strane, ideja o borbi punom snagom u toku noći relativno je nova i primenjuje se uz pomoć noćnih sistema za osmatranje koji poseduju široke mogućnosti.

U početnom periodu izraelsko-arapskog rata, 1973, izraelske i arapske snage borile su se tokom prvog dana i u toku noći, a i tokom sledećeg dana. Druge noći premoreni vojnici sa obe strane nadoknađivali su neophodni san, jer nisu bili sposobni za dalju borbu. Tehnologija i trening, potreban za efikasno vođenje noćnih operacija, nisu bili do tada utvrđeni.

Međutim, 1991. savezničke vojska, okupljena u koaliciju za oslobođenje Kuvajta od agresije Iraka, imala je tehnologiju i neophodan trening za borbu u najbržem ratu na svetu. Tokom 100 sati intenzivnih kopnenih operacija mnogi savezнички vojnici su vrlo malo spavali, dok su mobilne jedinice prodirale duboko u Irak i Kuvajt pod zaštitom noći, ne dozvoljavajući protivniku pregrupisivanje. Kretanjem pod zaštitom noći, savezničke snage su bile u stanju da se približe iračkim položajima neopaženo od protivnika koji je, izgleda, vrlo malo koristio sisteme za noćno osmatranje.

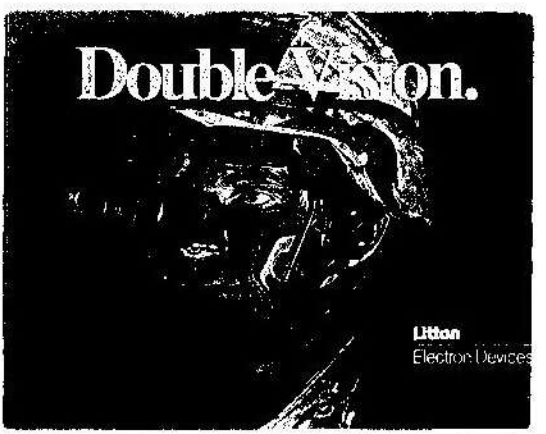


Sl. 1 — Sistem Pilkington Optronic's Eagle koristi cev II generacije i omogućava u toku noći indentifikaciju tenka na udaljenosti od 1000 metara

Ovaj vid tehnologije i opremanja američke vojske spravama za osmatranje je relativno nov. Tek 1985. ITT (kada je proizvela 500 teleskopa sa cevima III generacije) povećava proizvodnju i u periodu od 1986. do 1991. proizvodi 97294 teleskopa i nišana za pojačavanje lika II i III generacije i 36164 sistema za noćno osmatranje. Američka vojska je utrošila 658 miliona dolara za nabavku ovakve opreme, a kompanija ITT je postala rekorder u proizvodnji III generacije uređaja za osmatranje.

Tehnologija

Jedna od najrasprostranjenijih tehnika pešadijskih sistema za noćno osmatranje je pojačanje slike pomoću sočiva za sakupljanje i najmanje količine vidljivog i infracrvenog (IC) zračenja dostupnog od izvora kao što su svetlost mesečine i zvezda, koja se fokusira na ulaz fotokatode cevi za pojačanje slike,



Sl. 2 — Litonov sistem za noćno osmatranje sa jednim durbinom

dajući rezultujuću sliku. Ulazeći, fotoni udaraju fotokatodu, podubljujući elektrone proporcionalno sa ulaznom radijacijom. Rezultujuća elektronska slika može se pojačavati, a onda vratiti da se napravi vidljiv lik.

Prvi pojačavač slika korišćen je još daleke 1950. Koristio je vrlo visoku

voltažu-obično između 10 i 30 kV za pojačanje elektrona oslobođenih iz fotokatode, izazivajući dolaskom elektrona na luminiscentnom ekranu promene onoliko brzo kao veći broj fotona pri udaru na fosforni sloj. Izlazni ekran generiše svetlo proporcionalno sa gustinom dolazećih elektrona i rezultujuća slika može se posmatrati sa uveličavajućim sočivima okulara.



Sl. 3 — USFA's UA 1116 noćni nišan za pušku — mase 1,4 kilograma

O (nulta) i I (prva) generacjia cevi bile su glomazne i teške, tako da se prvi sistemi za noćno osmatranje nisu mogli koristiti za pešadijsku upotrebu. Međutim, konstrukcijom i izradom II generacije cevi. 1970. dolazi do revolucionarnih promena pri noćnom osmatranju. Sasvim novi deo, nazvan mikrokanal, dodat je u cev na malom rastojanju od fotokatode. To je, u stvari, tanak »disk« napravljen od miliona mikroskopski malih paralelnih staklenih šipki spakovanih u svežanj. On radi kao međufazni pojačavač sa manje od 100 V potrebnih za pojačavanje fotokatodnih elektrona do tačke gde oni ulaze u mikrokanal. Polazeći kanalom kroz mikrokanal elektroni se pojačavaju do potencijala od 600 volti i više između lica i naličja mikrokanala. Pri udaru u zidove izazivaju pojavu sekundarnih elektro, na, koji dalje generišu više sudara sa zidom i još više sekundarnih elektrona. Prosta cev daje pojačanje oko 10 000 puta.

Cevi II generacije nisu osetljive na »zaslepljenost« pri upravljanju uređaja za osmatranje na jasne svetlosne izvore, što je bio problem kod ranijih uređaja za osmatranje. Pored toga, masa i veličina im je smanjena za 50%.

Cevi III generacije imaju fotokatodu napravjenu od galijum-arsenida, umesto materijala kao što su: kalijum, natrijum, cezijum i antimonid koji su se ranije koristili. Nova tehnologija donela je dalje smanjenje veličine, ali su rezolucija i opseg porasli skoro tri puta. Spektralni odgovor obične cevi II generacije maksimaam je ispod 0,5 mikrona u vidljivom spektru i opada postepeno do kraja na oko 0,9 mikrona u blisskom IC spektru. Kod cevi III genreacije postoji mnogo veća osetljivost i imaju visok nivo karakteristika koji se kreće između 0,6 i 0,9 mikrona. Cevi III generacije imaju duži vek od cevi II generacije, obično četiri puta, ali su zato mnogo skuplje.

Druga metoda projektovanja sistema za noćno osmatranje je korišćenje toplotne slike za stvaranje lika baziranog ne na pojačanju postojećeg svetla, nego toplotne energije. Razvoj sistema za termičku sliku u SAD. Francuskoj Engleskoj i drugim zemljama dao je širok opesg sistema za noćno osmatranje. Termovizija (termička slika) ima nekoliko prednosti pred pojačanjem slike. Za početak, ovi sistemi mogu se koristiti u potpunom mraku ili prisustvu dima i magle. Pored toga, mogu se koristiti danju i za otkrivanje maskiranog naoružanja koje se maskira na talasnim dužinama vidljivog spektra, ali ne i u infracrvenom spektru. Godinama izviđačka avijacija koristi IC fotografiju da otkolni zaštitne efekte mnogih tipova maskirnih mreža, a termovizija sada daje osmatračima na liniji fronta i posadama oruđa istu mogućnost.

Termičko osmatranje zahteva hlađenje uređaja obično posredstvom kompriminovanog gasa. Korišćenje rashladnih uređaja ili kompresora u statičnim ili polustatičnim uslovima bolje je od

gasnih boca (uređaji su tiši, a efikasnost raste). Masa i cena termičkih sistema za osmatranje ograničavaju ih za širu primenu u naoružanju kao osmatračkih sprava.

Pojačanje slike i termovizija daju mogućnosti izrade više tipova opreme za noćno osmatranje. Opseg proizvođača i opreme je ogroman, tako da ćemo posmatrati samo nekoliko reprezentativnih tipova opreme u svakoj kategoriji.

Tipična oprema ovog tipa može biti *Pilkington Optronic's Eagle Long Range Night Sight*. Masa mu je manja od 3,5 kg, ima pojačanje 8 puta i koristi cev II generacije, a omogućava prepoznavanje tenkova na daljini od 1000 metara pri sjaju zvezda.

Thorn EMI Multi-Role Thermal Imager (MRTI) bio je kompanijama prva primena I klase termičkih modula. Masa mu je 10,7 kg u koju je uključena boca od 6 litara komprimovanog vazduha koja omogućava hlađenje detektora u toku 4,5 sati. Alternativa je zatvoreni sistem hlađenja koji troši oko 40 W. Borbeno iskusktvo sa MRTI tokom foklandskog rata pokazao je da su britanskoj armiji potrebni bolji sistemi.

Pod projektom *Spyglass* (špijun-staklo) *Thorn EMI* je razvio električni prenosivi termovizijski uređaj za osmatranje *(HHTI)*. Uređaj HHTI je u operacionoj upotrebi u Britanskoj armiji i u još deset drugih armija. Pored ostalog i vazduhoplovstvo SAD koristi ovaj sistema za odbrambeno osmatranje aviobaza. Pre dve godine potpisan je ugovor sa Jordanom za licencnu proizvodnju ovog sistema u Amanu. Sistem ima dve vrste uveličavanja i dvostruko polje osmatranja 2 puta za $20\times8{,}6$ stepeni i 5 puta na $8\times3{,}4$ stepeni. Običan opseg detekcije za ljude je 1,85 milja (3 km). Najnovija pešadijska varijanta je *Extended Range Thermal Imager (ERIT)*. Poseduje sedmostruko optičko uvećanje ($7\times$) i hlađenje razvijeno u AEG. Jedno vreme dok tehnologija nije napredovala termovizijski sistemi za osmatranje i nišanjenje bili su glomazni, teški i skupi. To je ograničavalo njihovu širu primenu. Napretkom tehnologije došlo je do njihovog smanjenja, a i cena im je znatno opala, pa je omogućena njihova šira primena za istureno izviđanje i za nišanjenje, gotovo na svim sistemima naoružanja.

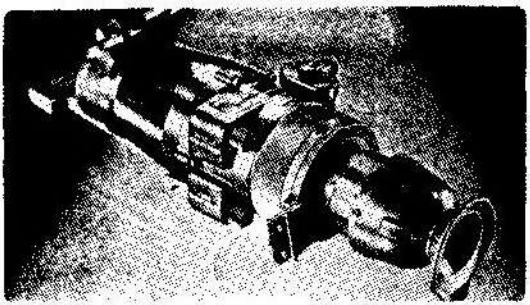
Dvogledi

Kako je tehnologijom smanjena veličina i težina, proizvođači su mogli da objedine velike osmatračke sisteme sa svetlosnim noćnoosmatračkim dvogledima. Izraz »dvogled« ovde se koristi uslovno, jer dvogled ima dva odvojena optička dela — za svako oko. Kod tradicionalnih optičkih dvogleda svako oko je gledalo kroz odvojen objektiv, sistem prizmi i okular kroz koje je svetlost prolazila smanjujući fizičku dužinu i prostor stereotipskim efektom krajnjeg lika koji se video.



Sl. 4 — Sistem Thorn EMI HHTI

Novi dvogledi za noćno osmatranje imaju jednu cev za hvatanje slike za par okulara. Sistem je biokularan, jer oba oka imaju istu sliku, nema stereoskopskog efekta. Prednost jednocevne konfiguracije jeste što sočivo objektiva može biti veće nego kada se koriste dva. To povećava količinu zračenja zahvaćenog sistemom pre prolaska kroz cev, pa dobijamo maksimalnu osetljivost i rezoluciju. Povećanje noćnih osmatračkih biokulara je manje od tradicionalnih optičkih biokulara. Povećanje od 7 i 8 puta je uobičajeno u svetlosnim dnevnim dvogledima, ali lik za noćne sisteme je povećan 3 ili 4 puta, a rezolucija se menja sa nivoom svetlosti.



Sl. 5 — ITT F4960 Stinger noćni nišan sa mogućnošću otkrivanja aviona u zoni od 7 km pri zvezdanom nebu

Sistem *F4939M* kompanije ITT ima jednu optičku stazu F2117 mm čija je efektivna fokusna dužina objektiva snabdevena sa cevi III generacije koja omogućava povećanje sistema 700. Kućište objektiva ima prečnik 8,25 cm, dužinu 27,05 cm, masa mu je 1,125 kilograma, povećanje 4,5 puta, a polje posmatranja 8,8 stepeni. Rezolucija varira od 3,0 cy/mr do 3,4 cy/mr po mesečini. Sistem poseduje dve alkalne baterije koje omogućavaju rad sistema od 40 do 50 časova. Neki proizvođači su izbegli tradicionalno fokusiranje i podešavanje međuokularnog razmaka. *Sopelem's OB-44×2,5* niskosvetlosni dvogled ima 11 stepeni širinu osmatranja, a napajaju ga dve baterije od 1,5 V. Sa njim se može prepoznati čovek na 600 metara ili borbena sredstva na 1200 metara.

Noćni viziri

Ako vojnici treba da se bore noću, potrebna je druga kategorija sistema za noćno osmatranje — dvogledi za noćno osmatranje (NVG_s). Ovi dvogledi-viziri imaju oblik uređaja koji se drži ispred očiju sistemom remena. Omogućavaju korisniku primenu u širokom opsegu vojnih i borbenih zadataka noću, kao što su: oružane akcije, kretanje po terenu, vožnja vozila, popravka opreme, postavljanje mina, izvođenje inženjerijskih radova, utovar/istovar opreme, i dr. Za razliku od dvogleda za noćno osmatranje, noćni viziri (NVG_s) ne uve-



Sl. 6 — ITT AN/PVS-7 sistem za noćno osmatranje koristi jednu cev III generacije za oba okulara

ličavaju sliku. Okolina je ista kao kada se gleda golim okom, a polje osmatranja manje i iznosi oko 40 stepeni. Iskustvo je pokazalo da ovaj smanjeni ugao otežava navigaciju i orijentaciju, posebno na nepoznatom terenu. To je stvaralo velike probleme tokom rata u Zalivu (Pustinjske oluje), tako da su korisnici ovih uređaja dali ozbiljne primedbe koje treba uzeti u obzir i povećati polje osmatranja pri izradi sledeće generacije ovih uređaja.

Kao što je slučaj kod dvogleda za noćno osmatranje (binokulara), ovi uređaji mogu biti izvedeni kao jednocevni i dvocevni. Obično su jednocevni sistemi u upotrebi, jer je konfiguracija jeftinija, pošto zahteva samo jednu skupu cev. Težina je, takođe, problem kod sistema montiranih direktno ispred oka. Pre deset godina sistem je imao oko 900 grama, ali su današnji sistemi mnogo lakši.

Sopelem klasifikuje svoje TN2-1 jednocevne uređaje kao dvoglede za noćno osmatranje, ali u stvarnosti služe kao zaštitni noćni viziri. Zasnovan je na jednoj cevi II generacije, ima masu od 470 grama i zaštićen je ispred lica korisnika maskom i prenosnicima. Dvostrana cev NVG_s obično je kod ovakvih uređaja rezervisana za pilote helikoptera, ali se može široko primenjivati i u drugim uslovima. Na primer, TRT-ov OB-4 noćni vizir za vozače koristi dva mikrokanalna pojačivača za oblikovanje binokulara jednostrukog sistema sa poljem osmatranja od 3,3 stepena. Masa im je 0,9 kg, a sistem napajaju baterije od 2,7 V. Ugrađeni LED iluminatori za zadatke kao što je pisanje mapa počinju da dolaze do punog izražaja u noćnim vizirima sistema *Sopelem's TN2-1 i Israel's Ortek Type 5157.*

Problem je kako se zaštititi pri korišćenju ovih sistema od iznenadne promene intenziteta svetlosti koja može da zaslepi korisnika. Teorijski, korisnik može iskrenuti naočare i gledati ispod njih (viriti) ili ih skinuti. Neki proizvođači, kao što su ITT, pokušavaju da reše ovaj problem sa brzo reagujućom polugom *ITT PVS-7 B,* koja omogućava jednoručno spuštanje i podizanje. Sa *HNV-1 NVG, OIP Istrubel NV* došlo se do novog rešenja — korišćenjem holografske tehnologije kreiran je proziran lik, koji omogućava korisniku da, pri izlaganju iznenadnom jakom svetlu, može gledati okolinu bez skidanja naočara.

Nišani

Noćni nišani ugrađuju se na veliki broj vrsta naoružanja, počevši od pešadijskog pa do drugih većih sistema. Veličine ovih nišana svedene su na minimum za ovu primenu da bi vojnik prihvatio ovaj dodatak pešadijskom oružju koji ga dodatno opterećuje. Kao i u slučaju noćnih vizira, nišani nisu bili korišćeni do pronalaska i izrade cevi II generacije (oko 1970). Razvoj noćnih nišana je naročito podržan posle foklandskog rata 1982. Ustanovljeno je da su potrebni bolji sistemi od onog koje su posedovali Britanci i odlučeno je da se primeni nišan za pušku zasnovan na cevi III generacije. Kao rezultat toga, firma *Pilkington Optronic's* je krajem osamdesetih godina isporučila je britanskoj armiji 2000 nišana koji su bili dosta lakši od prethodnih i koristili su cevi III i II generacije.



Sl. 7 — Magnavox Stinger noćni nišan na protivavionskom raketnom sistemu STINGER FIM-92B/C

Težnja ka manjim težinama nišana dala je potpuno nove sisteme. ITT-ov pojedinačni noćni nišan F4965 za pušku ima samo 900 grama, a dužina mu je 26,5 cm. Uvećanje mu je 3,6 puta sa 8 stepeni vidnog polja, čime je omogućeno uočavanje čoveka na 2600 metara pri sjaju zvezda, a prepoznavanje na 980 metara. Za vozila ove ekvivalentne daljine su 6 km i 2,2 km. Pri mesečini lik na nišanu je za 8 do 10% bolji nego samo pri svetlosti zvezda.

Pritisak da se zadrži uvećanje, a smanji težina nišana dala je kao rezultat novi ITT-ov dnevno-noćni nišan F4961 za pušku. Masa mu je 570 grama, dužina 25 cm, ima jedinačno uvećanje i 40 stepeni vidnog polja. Montiranjem konzole omogućava se postavljanje nišana na sledeća oružja: M16A1/A3, M14, AK-47 i AKM, FN-FAL, FN--FNC, H&K 33 i MF-5 i Steyr AUG i SSG.



Sl. 8 — Sopelem PS-2 montiran na pešadijskom oružju projektuje IC zrake čije se tačke mogu videti pomoću noćnih vizira TN2-1

Firma Hechler & Koch pokušala je da napravi integrisani pešadijski borbeni sistem INKAS, u stvari, kombinaciju noćnog vizira za vojnike i IC laserskog tačkastog projektora montiranog na oružje. Međutim, ispitivanja su pokazala da laser (čvrsto stanje) nije dovoljno robustan da izdrži udare rafalne paljbe i toplote. Od projekta se odustalo, ali sa nadom da će u skoroj budućnosti biti interesa i mogućnosti da se ova ideja realizuje.

Termovizija se koristi da zameni neke svetlosne nišane. Jedan od takvih je Magnavoksov *(Magnavox's)* termički snajperski nišan (TSS), koji je projektovan za korišćenje na puškama M16 A1/A2 i M-24 sa odgovarajućim postoljem (nosačem), ali se može koristiti i za mnoge druge. Napaja se jednom litijumskom baterijom, ima ugrađenu elektronski generisanu mrežu koja se može programirati za različite sisteme naoružanja i može biti poverena nišanjenjem kroz unutrašnjost cevi sa tačnošću od 0,1 mm za precizne nišane u širokoj oblasti.

Do nedavno su sve vrste napada sa protivavionskim raketnim sistemima zemlja-vazduh vršeni samo danju. Međutim, ugradnjom noćnih nišana na ove sisteme to je postalo moguće i noću. Noć u današnje vreme kratko štiti vojnika na bojištu, jer se noćni nišani koriste u gotovo svim armijama sveta.

Amerikanci koriste za svoje sisteme Dževelin *(Javelin)* i STINGER *FIM--92A (FIM-92B i FIM-92C)* Magnavoksove noćne nišane (SNS). ITT-ov F4960 STINGER noćni nišan zasnovan je na mnogo korišćenom kompanijinom nišanu AN/PVS-4 i ima sočivo objektiva od 60 mm sa 25 mm cevi za pojačavanje lika. Uvećanje ovog nišana je 2,26 puta, a vidno polje 23,5 stepena. Sistem snabdeven sa ITT-ovim nišanima može otkriti taktičke vazduhoplovne ciljeve pri sjaju zvezda u opsegu do 7 kilometara. Brzopodižući pokrivači štite objektiv kada se ne koristi, dok štitnik pruža zaštitu očiju operatora pri lansiranju rakete. Takođe, velike mogućnosti poseduju i ruski noćni nišani SA-7 GRAL *(Grail)*, odnosno njegovi egipatski i kineski ekvivalenti *Sagr Eye* i *HN-5*. Nakon pokazanih velikih mogućnosti i odličnih osobina za borbu u noćnim uslovima, u toku operacije »Pustinjska oluja« noćni nišani su postali jako tražena roba na svetskom tržištu naoružanja i vojne opreme.

Iskustvo rata u Zalivu pokazalo je neophodnost korišćenja sistema za noćno osmatranje i opravdanost njihovog daljeg razvoja, što treba, kao rezultat, da dâ izradu lakših i efikasnijih sistema sa širim vidnim poljem. Pojačanje lika ostaje najšire korišćena tehnika, ali se radi na razvoju nove generacije laganih termičkih sistema za osmatranje i nišanjenje. U budućnosti noć neće predstavljati nikakvu prednost za zaraćene strane da bi eventualno mogle da iznenade jedni druge, jer uz posedovanje sistema za noćno osmatranje »noć će biti prozirna«.

TEČNE POGONSKE MATERIJE ZA ARTILJERIJSKA ORUĐA*) — STANJE, PROBLEMI, PERSPEKTIVE —

Kod savremenog cevnog oružja, zasnovanog na primeni municije s čvrstim barutnim punjenjenima, prema mišljenju stranih vojnih stručnjaka, praktično su iscrpljene mogunćosti povećanja daljine zbog ograničenja, povezanih s krajnje dozvoljenim pritiskom u kanalu cevi. Povećanje zapremine i mase municije, takođe, neće dovesti do suštinskog povećanja borbenih mogućnosti cevne artiljerije.

Saopšteno je da se u nizu zemalja razvijaju nove generacije artiljerijskih oruđa, koja su u stanju da gađaju uz primenu tečnih pogonskih materija (TPM). Veruje se da će to omogućiti značajno povećanje efikasnosti cevne artiljerije i tenkovskog naoružanja.

Interes za primenu TPM objašnjava se činjenicom da se pri sagorevanju mnogih od tih materija izdvaja znatno više energije u poređenju s barutom. Njihov princip rada je sledeći: gorivo se pod pritiskom sabija u komoru za sagorevanje na topu iza projektila i inicira se. Kao rezultat pojavljuje se pritisak, pod čijim dejstvom se pokreće projektil. Kako smatraju, korišćenje tečnih materija za punjenje omogućiće: povećanje početnih brzina projektila, smanjenje intenziteta zamora kanala cevi, smanjenje cene punjenja i pojednostavljenje transporta municije, a kao povećanje žilavosti borbenih vozila.

U inostranstvu se za korišćenje u artiljerijskim sistemima razmatraju dva tipa TPM: jednokomponentni (monergoli) i dvokomponentni (diergoli). Jednokomponentni deluju na principu katalitičkog razlaganja (oksid etilena).

U sastav dvokomponentnih ulazi oksidator (azotna kiselina ili peroksid vodonika) i gorivo (menometil ili hidrazin), koji pri sjedinjavanju mogu stvarati samozapaljive smeše. Ako se u svojstvu goriva koriste kerozin ili oktan, tada je za njihovo pripravljanje neophodan spoljašnji izvor. Njegove funkcije, u osnovi, ispunjavaju pirotehnički sastavi ili punjenje s varničarom. Istražuju se, takođe, mogućnosti korišćenja u ove svrhe toplotnih ili ultrazvučnih uređaja, plazmi i hemijskih sastava.

Prema rezultatima ispitivanja, stručnjaci su dali prednost jednokomponentnim matreijama za punjenje.

Pretpostavlja se da se na osnovu veće piezometrijske efikasnosti TPM (odnos između srednjeg i maksimalnog pritiska gasova) povećava početna brzina projektila za najmanje 10%. Radi toga su izraživane različite metode punjenja oruđa: istovremeno uvođenje zadate zapremine materije (generativna metoda) i ubrizgavanja pod pritiskom u postepenim dozama (regenerativna metoda). Prva je predviđena za primenu, kako monergola, tako i diergola.

Za prijavljivanje diergola ubacuje se oksidator u kapsulama, koje se razbijaju pri mešanju komponenata i obrazuju punjenje.

Druga metoda bazira se na održavanju stabilnosti pritiska u komori i konstantne brzine gorenja. TPM se uvodi u komoru na račun promene pritiska: pri njegovom porastu klip se povlači unazad, ubacujući dozu materije u komoru, podržavajući ravnomerni porast pritiska i ublažavajući vrhove pritiska u njoj. Prema oceni inostranih stručnjaka, najefikasnija je regenerativna metoda punjenje, koja, po upoređenju s zapreminskom, pruža veće mogućnosti za upravljanje procesom gorenja TPM.

U perspektivi se razmatra i treći način ubacivanja TPM, takozvano »premeštajuće punjenje«. U datom slučaju ubrizgavanje monergola vrši se duž cevi, u skladu sa pomeranjem projektila. Teoretski, pri ovom povećanje početne brzine, iznosi 20%, pošto će materija sagorevati bliže zadnjem delu projektila.

*) Prema podacima iz časopisa: Tehnika i vooruženie — 10/91.

Hemijska energija goriva će se, s većom efikasnošću, pretvarati u kinetičku energiju projektila. Međutim, uočavaju da je realizacija načina povezana s nizom tehničkih problema.

Manji pritisak cevi oruđa, pri korišćenju TPM, obezbeđuje se na račun smanjenja pritiska i temperature sagorevanja u kanalu. To omogućava, takođe, da se smanji intenzitet zamora cevi i pojednostavi konstrukcija projektila.

Pored ostalog, moguće je smanjiti i masu danca potkalibarnih pancirno-probonijh projektila tenkovskih topova i povećati dužinu jezgra. Prema mišljenju inostranih stručnjaka, korišćenje tečnih sredstava za punjenje u artiljerijskim sistemima omogućava da se smatroškovi proizvodnje punjenja za oko 80%. U značajnoj meri tome doprinosi činjenica da je proizvodnja posebnih sastavnih komponenata (azotna kiselina, peroksid vodonika) široko osvojena u građanskom ekonomskom sektoru. Veruje se da će cena TPM (na primer, na osnovi nitrata hidroksida amonijaka) u srejiskoj proizvodnji biti mala i iznosiće oko 1 dolar za funtu mase (0,45359 kg), što je za 10 puta manje u odnosu na čvrste eksplozivne materije. Inostrani vojni stručnjaci se nadaju da će zamena barutnih punjenja sa TPM pojednostaviti transport municije, a i materijalno-tehničko obezbeđenje borbenih dejstava, pošto će se jedna te ista materija koristiti za oruđa različitih kalibara i namene.

Saopštava se da se u poslednje vreme u SAD razvija koncepcija preoružavanja perspektivnih oruđa poljske artiljerije sa TPM. Razrađuju se organizacioni principi snabdevanja ovim materijama, definišu uslovi njihovog čuvanja i tarnsporta od fabrike — proizvođača do vatrenih položaja.

Planira se prevoženje u rezervoarima različite zapremine: od 11,4 do 38 l; od 114 do 190 l; 570 l; 6440 l. Treba primetiti da se u fabrikama evropskih zemalja NATO planira korišćenje standardnih rezevoara zapremine 570 l.

Popuna rezervoara oruđa sa TPM iz rezervoara male zapremine (od 11,4 l od 38 l) vršiće se ručnim putem ili uz pomoć sredstava za pretakanje.

Dopremanje rezervoara do oruđa može se vršiti u sklopu postojećeg sistema snabdevanja municijom poljske artiljerije. Predviđa se da se pretakanje materija za punjenje iz rezervoara srednje zapremine (od 114 do 190 l) u rezervoare samohodnih haubica vrši neposredno na vatrenim položajima.

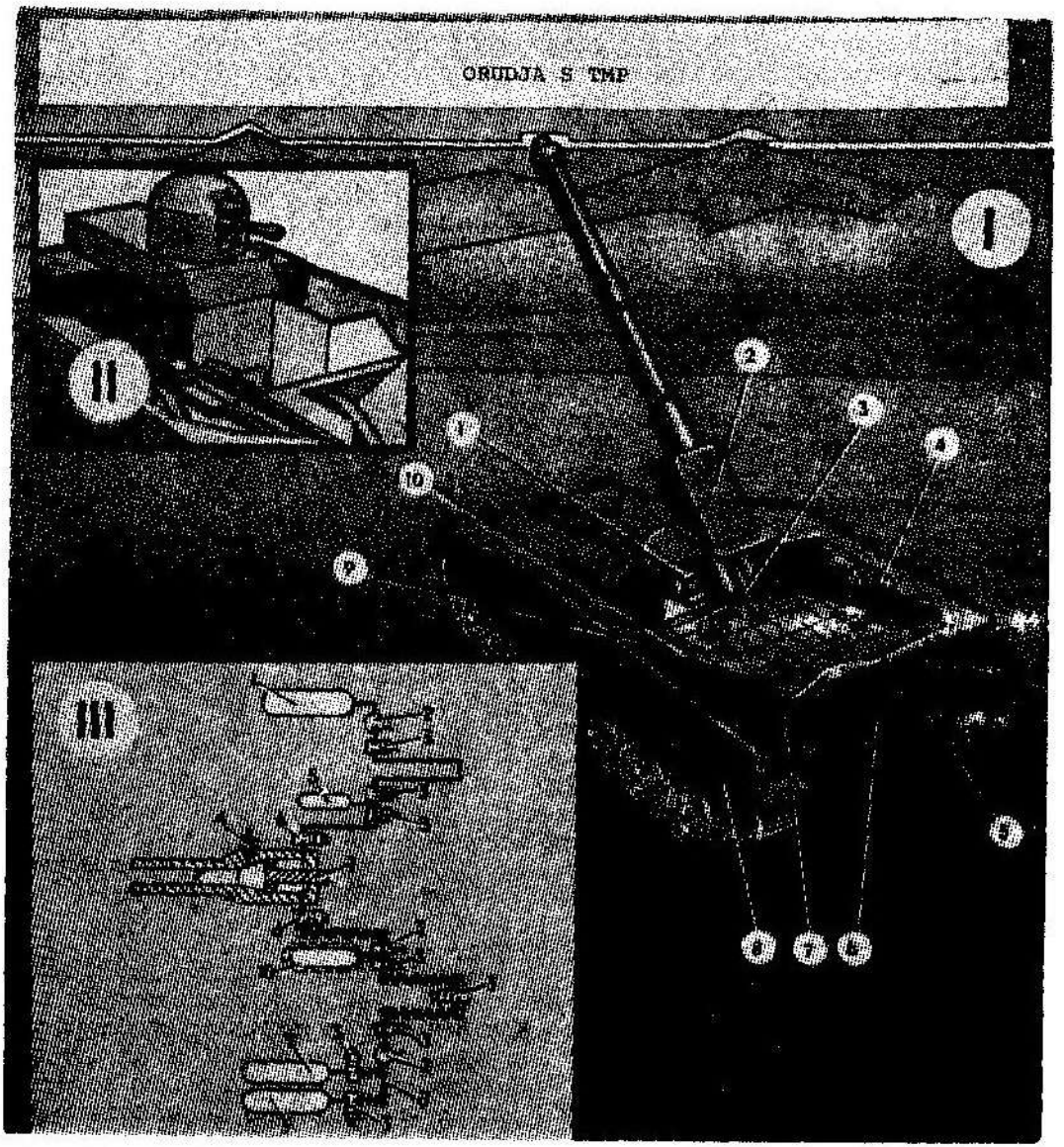
Inostrani stručnjaci smatraju da će pri transportu TPM u rezervoarima zapremine 570 l, montiranih na podmetačima, bitno smanjiti vreme neophodno za vršenje utovarno-istovarnih radova. Neposredna popuna rezervoara samohodnih haubica vršiće se pretakanjem iz oklopnog transportnog vozila za punjenje. U zoni borbenih dejstava predviđa se pretakanje TPM iz rezervoara zapremine 6440 l u standardne, zapremine 570 l, ili neposrdeno u rezervoare transportnog vozila za punjenje.

Rezervoari s TPM mogu imati različite oblike. To mogućava da se municija razmesti u borbenom vozilu na optimalan način i samim tim, poveća žilavost tehnike, a poveća i borbeni komplet.

Saopštava se da su stručnjaci SAD u toku ispitivanja haubica 155 mm sa TPM, utvrdili mogućnost duplog povećanja borbenog kompleta, a pri zameni formacijske municije tenkova LEOPARD 2 ili M1 ABRAMS borbenim kompletom s TMP, potreban prostor za smeštaj tog kompleta bio je za 40% manji.

Osim toga, za razliku od klasične municije, TPM je manje osetljiva na požar.

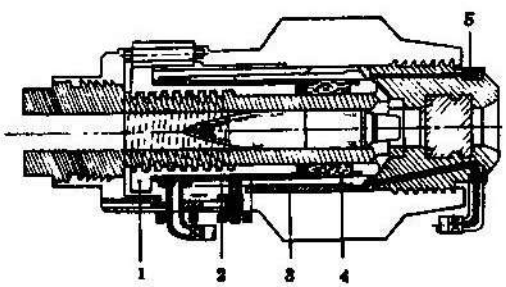
U poslednje vreme, razvojem tehnologije TPM bave se firme iz SAD, Nemačke, Velike Britanije i Francuske. Američki stručnjaci su na početnom delu vršili radove s dvokomponentnim



I Samohodna haubica s TMP: 1 — sistem za upravljanje vatrom; 2 — Protivtrzajući sistem; 3 — sistem za zatvaranje; 4 — mehanizam vertikalnog navođenja; 5 — uređaj za punjenje projektilima; 6 — spremište borbenog kompleta; 7 — rezervoar s TMP; 8 — zaštitna ploča; 9 — obrtna kupola; 10 — mehanizam horizontalnog navođenja. II Varijanta kompletacije borbenog vozila topom s TMP. III Šema sistema ubacivanja TMP za nesamozapaljive diergole; 1, 5 — rezervoari s gorivom; 2 — pumpa za napajanje; 3 — sigurnosni ventil; 4 — pripala; 6 — dozirajući ventil; 6 — top sa sistemom ubrizgavanja; 8 — cevovod za dovod oksidatora; 9, 10 — rezervoari s oksidatorom.

TPM, ali već početkom sedamdesetih godina pristupili su istraživanjima sa jednokomponentnom recepturom. Predložili su konstrukciju regenerativnog sistema punjenja u laboratorijskim oruđima na topovima kalibra 25 i 30 mm. Saopštava se, takođe, da je uspešno rešenje problema hermatizacije komora za sagorevanje na oruđima prilikom gađanja, kao i izrada primenjeno principsko konstruktivno rešenje zatvarača i pumpi regenerativnog sistema punjenja za topove 30 mm. Njihova brzina gađanja sa pet uzastopnih punjenja dostigla je 500 metaka u minutu.

Početkom osamdesetih godina u SAD su pristupili izradi projekata opitne samohodne haubice 155 mm sa TPM, koja je trebala da bude prototip perspektivne samohodne haubice. Svi radovi razbijeni su na 3 etape. Prva etapa predviđa izradu laboratorijskog uređaja s oruđem kalibra 155 mm i izvršenje opitnog gađanja. Druga etapa je razvoj na modifikovanoj šasiji haubice M109 opitnog modela artiljerijskog sistema s automatizovanim sistemom za upravljaupravljanje vatrom i automatom za punjenje. Na trećoj etapi predviđa se priprema principskog tehničkog projekta, a zatim, na njegovoj osnovi, potpuna inženjerska razrada samohodne haubice.



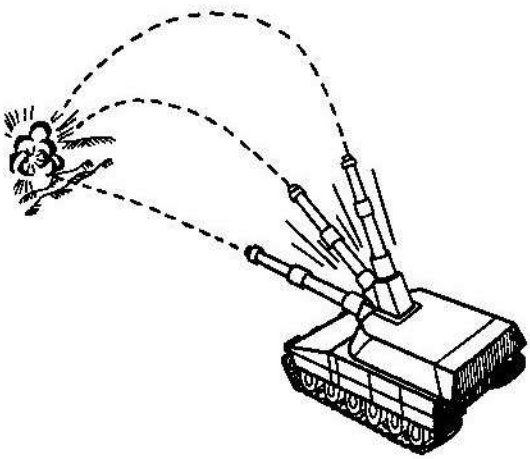
Sl. 1 — Modularni sistem za izradu različitih varijanti, topova s TMP

1 — pripala; 2 — barutno punjenje; 3 — tečnost; 4 — klip; 5 — komora za sagorevanje

Konačno rešenje za uvođenje date tehnologije za korišćenje u poljskoj artiljeriji prdeviđa se u bližoj budućnosti posle provođenja pokaznih gađanja.

Pojava serijskih tenkovskih topova s TPM, prema ocenama američkih stručnjaka, može se očekivati u drugoj polovini devedesetih godina.

Smatra se, da će takav tenkovski top imati veći pritisak u kanalu cevi za 2 puta u odonsu na klasičnu cev i izdržavaće unutrašnji pritisak od 6.10 ^{8}Pa. Isto tako, unjegovoj konstrukciji biće mnoštvo pokretnih delova, koji će se pri takvom pritisku brzo istrošiti. Zbog toga, u prvi plan dolazi zadatak da se izrade delovi sa velikom pouzdanošću.

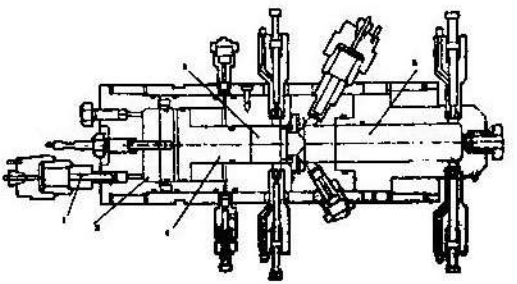


Sl. 2 — Mogućnost promenjene trajektorije leta projektila kod topova s TMP

U Velikoj Britaniji, stručnjaci iz oblasti TPM, prioritetnim smerom svog rada smatraju proveru mogućnosti primene ove tehnologije u konkretnim sistemima oružja. Saopštava se da su izvršena istraživanja laboratorijskih uzoraka topova kalibra 30 i 40 mm. Predviđa se, takođe, potpuna razrada modela celog sistema za proveru tenkovskih topova kalibra 120 mm s TPM na maketi hodnog dela, a i ostvarenje programima na izradi TPM primenjivog za oruđa poljske artiljerije.

Pored ostalog, planiraju se ispitivanja osnovnih komponenti nove tehnologije za oruđa 105 i 155 mm.

Nemački stručnjaci vršili su radove s tečnim materijama za punjenje u dva smera. Prvi uključuje opitno-konstruktorsku delatnost na izradi metaka za tenkovske topove u kojima se, umesto barutnog punjenja, primenjuje TPM. Drugi predviđa izradu konstrukcije regenerativnog sistema punjenja s neposrednim ubrizgavanjem materije u komoru za punjenje. Saopštava se da su izvršena opitna gađanja iz eksperimentalnih uzoraka tenkovskih topova 120 i 145 mm sa glatkom cevi. Izučavaju se mogućnosti korišćenja, kako dvokomponentnih, tako i jednokomponentnih TPM. Planira se provođenje pokaznih gađanja, u toku kojih će biti ocenjeni predloženi načini i utvrđen dalji cilj rada.



Sl. 3 — Šema kompletacije haubice s regenerativnim ubrizgavanjem TMP

Francuski stručnjaci, koji vrše istraživanja u oblasti TPM, u prvoj etapi svoje delatnosti usmerili su osnovne napore na rešavanje sledećih problema: stvaranje matermatičkog modela za proračun unutrašnjih balističkih parametara oruđa; razradu različitih koncepcija sistema ubrizgavanja; obezbeđenje stabilnosti unutrašnjih balističkih parametara oruđa; optimizaciju kompletacije opreme za TPM i određivanje stepena njene povezanosti.

Do sredine osamdesetih godina radilo se, uglavnom, s dvokomponentnim materijama, uglavnom s nesimetričnim dimetilhidrazinom i azotnom kiselinom. Eksperimenti su se vršili s topom kalibra 30 mm. Saopšteno je da je postignuta dobra koncentracija proračunskih vrednosti njegovih unutrašnjih balističkih parametara.

Na osnovu ovog modela proračunati su osnovni unutrašnji balistički parametri za oruđa 155 mm. Istraživanja su vršena, uglavnom, s generativnim sistemom punjenja s diferencijalnim klipom.

Za ocenu stepena osetljivosti oruđa sa TPM, francuski specijalisti su izvršili gađanje iz tenkovskog topa 105 mm i POVR MILAN, napunjenih do dve trećine rezervoara s komponentama materije. U oba slučaja nesimetrični dimetilhidrazin se palio i sagorevao, a azotna kiselina je delimično isparavala.

U sadašnje vreme radi se s jednokomponentnim recepturama. Mnogi problemi, povezani s korišćenjem TPM u topovima, još uvek nisu potpuno rešeni.

Najvažniji od njih ostaje postizanje neophodne stabilnosti karakteristika i, na prvom mestu, početne brzine projektila na bazi obezbeđenja jednoobraznoosti proticanja procesa gorenja u komori za punjenje. Smatra se da je, takođe, neophodno razviti uređaje za precizne intervale ubacivanja materije u komoru za sagorevanje na kraju opaljenja. Stručnjaci smatraju da će na ovaj način isključiti mogućnost zapaljenja ostataka materije u prostoru iza klipa i prenošenje procesa gorenja u dovodne cevi i rezervoare. Isto tako, prema ocenama inostranih stručnjaka, artiljerijska oruđa s TPM, u slučaju njihovog uspešnog usavršavanja, mogu naći široku primenu.

B. L.

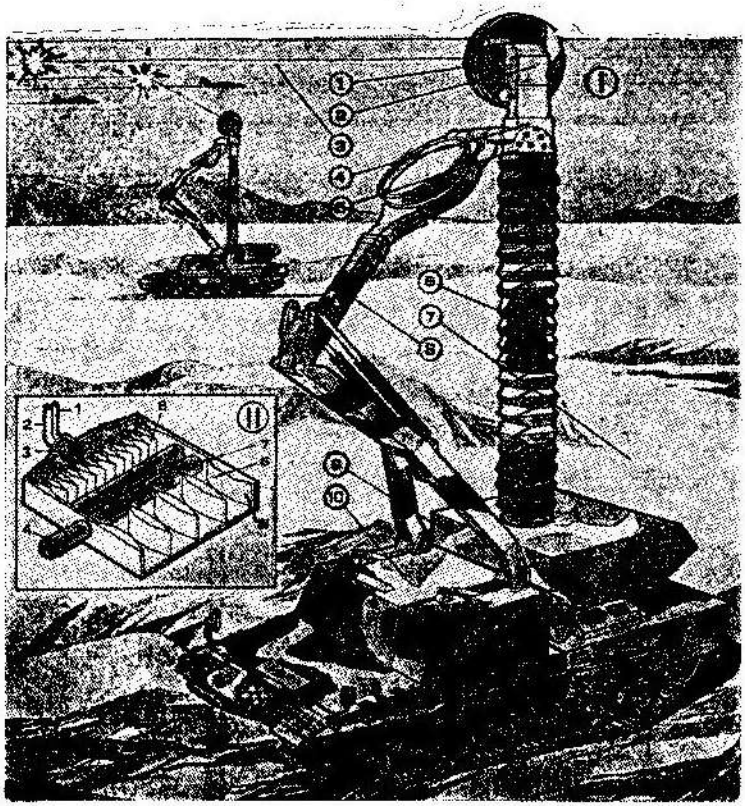
NOVO ORUŽJE*)

Po mišljenju stranih vojnih stručnjaka, zahvaljujući razvoju nauke, tehnike i tehnologije, postoje mogućnosti konstruisanja oružja pomoću kojeg će

*) Prema podacima iz časopisa »Техника и вооружение«, 4/1991.

biti moguće da se vrlo pouzdano izbace iz stroja postojeća ili perspektivna borbena vozila ili da im se bitno smanji efikasnost. Za razliku od običnih ubojnih sredstava, koja su konstruisana da potpuno unište ili razore ciljeve, novo oružje omogućiće najveći efekat, jer će dejstvovati na njihove vitalne komponente ili podsisteme na netradicionalan način. U zapadnim stručnim publikacijama ova nova klasa oružja naziva se »antimaterijal techonology« (AT) i, u osnovi, koristi energiju zračenja, elektromagnetske impulse, snažno mikrotalasno izotopno zračenje, infrazvuk, a i agresivne hemijske materije.

Objavljeni su podaci da je danas na Zapadu posvećeno mnogo pažnje razvoju zračećeg oružja, posebno laserskog i onog koje dejstvuje snopom (mlazom). Tvrdi se da već postoje primerci takvih borbenih sredstava. Princip dejstva laserskog oružja zasnovan je na termomehaničkom dejstvu uskog snopa elektromagnetskog zračenja na cilj. Ovo zračenje generišu laseri u optičkom opsegu spektra. Postoje tri osnovna tipa te vrste oružja: male, srednje i velike snage. Predviđa se da bi se borbeni sistemi male i srednje snage koristili za neutralisanje komandnih mesta, sredstava za vođenje oružja, za zaslepljivanje posa-



Sl. 1

I — Samohodni protivavionski sistem sa laserskim oružjem: 1 — teleskop predajnika) 2 — fokusirajuća optika i uređaj za praćenje cilja; 3 — laserski snop visoke energije. 4 — platforma; 5 — sistem za otkrivanje cilja; 6 — laserski snop; 7 — izduvni gasovi; 8 — krak podizača; 9 — laser; 10 — rezervni rezervoar.

II — Uređaj gasnodinamičkog CO_2 lasera: 1 — cevovod za gorivo; 2 — kanal za dovođenje oksidatora; 3 — brizgaljka; 4 — laserski snop; 5 — neiskorišćena toplota; 6 — difuzor; 7 — reflektor; 8 — mlaznici

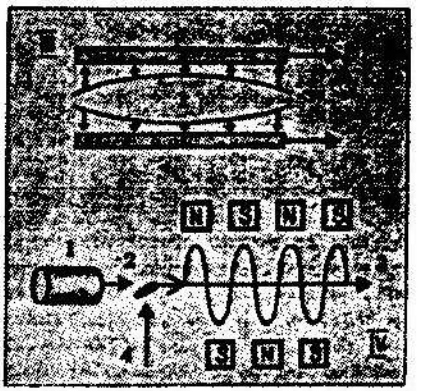
da tenka, vozača vozila, pilota letelica, posluga oruđa. Predviđa se njihovo korišćenje u borbenim uslovima radi dopunjavanja i proširivanja vatrenih mogućnosti tradicionalnih ubojnih sredstava. Što se tiče laserskog oružja velike snage, ono je namenjeno, pre svega, za ojačavanje mogućnosti snaga trupne protivvazdušne odbrane radi uništavanja niskoletećih ciljeva u vazduhu (vidi sl. 1), a i važnih ciljeva neposredno na bojištu.



Sl. 2 — Tipovi lasera:
I — Hemijski: 1 — gorivo; 2 — komora sagorevanja; 3 — laserski snop; 4 — oksidator
II — Električni: 1 — laserski gas; 2 — električna struja; 3 — laserski snop

Uništavajuće dejstvo akceleratorskog oružja (koje dejstvuje snopom — (mlazom) kombinovano je — radijaciono i termomehaničko. Radijaciono dejstvo izazvano je dejstvovanjem elementarnih čestica velike energije na ćelije živih organizama, na radio i elektronske uređaje i elektronska komponente naoružanja i tehničkih ubojnih srdestava. Pri tome se uništenje cilja postiže ne samo neposredno snopom nabijenih čestica, već i njihovim zračenjem u vidu fotona velike energije kada oni prolaze kroz materiju na koju se dejstvuje. Termomehaničko dejstvovanje može da izazove paljenje, topljenje i isparavanje materijala cilja.

Na sl. 2 i 3 dati su neki tipovi lasera.



Sl. 3 — Tipovi lasera:
III — Nuklearni: 1 — nuklearna eksplozija; 2 — laserski snopovi
IV — Sa slobodnim elektronima: 1 — akcelerator; 2 — snop elektrona; 3 — laserski snop; 4 — laser

Stručnjaci na Zapadu smatraju da navedeno oružje može uspešno da se koristi za razaranje obloge tela niskoletećih helikoptera, aviona i krstarećih raketa. Što se tiče zemaljskih tehničkih sredstava, elemenata fortifikacijskih objekata od čelika ili armiranog betona, kroz njih zračenje može trenutno da prođe, ukoliko se nalaze na liniji neposrednog dometa i pri tome će se živa sila u njima uništiti radioaktivnim zračenjem. Navodi se da se danas već radi na stvaranju akceleratora elementarnih čestica, koji će biti bazirani na zemlji, vodi ili u vazduhu, sa dometom od nekoliko kilometara, koji kasnije može da bude i veći.

Strani vojni stručnjaci su skloni da navode oružja koja dejstvuju zračenjem smatraju »apsolutnim«), a kao veliko preimućstvo navode veliku preciznost gađanja. Cilj se prati prema odbijenim impulsima zračenja, a za korekciju i fo-

kusiranje snopa koristi se računar velike brzine rada.

Ipak, smatraju vojni stručnjaci, oružja koja dejstvuju zračenjem ne mogu u punoj meri da zadovolje zahteve vojske. U prvom redu zbog toga što se pomoću njega mogu uzastopno uništavati samo pojedinačni ciljevi. U poslednje vreme veliku pažnju privlače takva netradicionalna oružja koja bi mogla da dejstvuju na veći broj ciljeva jednovremeno, a radi se o tzv. energetski efikasnom »zonskom« oružju.

Stručnjaci veruju da će jedno od takvih AT oružja postati i elektromagnetsko oružje.

Dejstvujući elektromagnetskim impulsom moći će da izbaci iz stroja živu silu protivnika, ometati rad sistema komandovanja vojskom, pa čak, pomoću impulsa velike snage, i prekidati rad motora borbenih vozila. Smatra se da će, zahvaljujući takvim svojstvima, elektromagnetsko oružje naći široku primenu u sistemima PVO, a i u snagama KoV. Pri tome bi laka pešadijska divizija bila u stanju da se suprotstavi mehanizovanoj ili oklopnoj diviziji.

Prema podacima, objavljenim u stranim stručnim publikacijama, najbliži praktičnoj realizaciji jesu projekti specijalnih elektromagnetskih uređaja snage do 500 kW sa frekvencijom zračenja od 100.000 MHz. Stručnjaci predviđaju da, pri radu u neprekidnom režimu, oni mogu da obezbede zračenje koje je dovoljno za poremećaj psihe i ponašanja čoveka, na daljinama do 8 km.

Strani vojni stručnjaci smatraju da će uvođenje mikrotalasnog oružja obezbediti najefikasnije dejstvo na radio i elektronske sisteme protivnika. To oružje moći će da ometa i kvari rad praktično svih elektronskih sistema koji se koriste u oružanim snagama. Osnovu mikrotalasnog oružja predstavljaju takvi uređaji kao što su magnetroni i klistroni čije je korišćenje perspektivno za generisanje radio-frekventnih signala jačine do 1 GW (milijardu vati). Istraživači smatraju da će se mikrotalasna zračenje preko antene u vidu fazne rešetke koristiti za paralizovanje rada aerodroma, lansirnih položaja raketa, komandnih centara i navigacijskih sistema, a i za izbacivanje iz stroja vođenog oružja i sistema upravljanja dejstvovanjem na takve njihove komponente kao što su radio-elektronski sistemi upravljanja, veze i vođenje ubojnih sredstava. Radi se na konstrukciji izvora mikrotalasnog zračenja koji bi mogli da generišu impuls zračenja sa energijom od 10.000 J. Dopušta se mogućnost razvoja protivoklopnog mikrotalasnog oružja sa dometom od 300 do 500 m.

Isto toliko perspektivnim stručnjaci smatraju tzv. »infrazvučno oružje«, koje, u svojoj osnovi, koristi usmerenu akustičku (zvučnu) talasnu enregiju. Kao uništavajući faktor ovde služi infrazvuk — za čoveka nečujni zvučni (elastični) talasi male učestanosti (ispod 16 Hz). Na Zapadu su obavljena ispitivanja koja su dokazala da ovakve ultrazvučne vibracije mogu negativno da utiču na centralni nervni sistem i trakt za varenje hrane čoveka i da izazovu opštu nemoć, glavobolju i osećaje bola unutrašnjih organa, kao i panično stanje i gubitak kontrole. Pri višim nivoima signala na frekvencijama u jedinicama Hz kod ljudi može da dođe do gubitka svesti, slepila, pa čak i smrti. Zbog toga se smatra da infrazvučno oružje može da postane novi faktor za masovno uništavanje i veliko smanjivanje borbene sposobnosti, stabilnosti i aktivnosti žive sile u borbi.

Za uspešno korišćenje ultrazvuka kao ubojnog oružja razmatra se razvoj specijalnih uređaja koji se sastoje od dva elektroakustička pretvarača, generatora naizmenične struje, snage od 2 do 8 kW, i komandne table. Ovakvi »zvučni topovi«, kako ih ponekad nazivaju, mogu se ugrađivati na vozila (borbena vozila pešadije, oklopne transportere), helikoptere i avione. Njihov bi domet zavisio od veličine snage njihovog zračenja, od vrednosti noseće frekvencije, širina dijafragme usmerenosti,

i uslova rasprostiranja akustičkih vibracija (talasa) u realnoj sredi i može da iznosi od nekoliko desetina do nekoliko stotine metara.

Strani vojni stručnjaci smatraju da bi neke vrste netradicionalnog oružja mogle bitno da smanje efikasnost borbenih sredstava i bez neposrednog dejstva na njih. Na primer, koristeći veoma agresivne hemijske korozivne materije protiv sredstava za dotur materijalno-tehničkog obezbeđenja, mogu se znatno ograničiti mogućnosti grupacije tenkova. Ove bi materije mogle razarati spoljne gume točkova borbenih i transportnih vozila, filtere, gumene delove, mogle bi da prodru u gorivo ili barutna punjenja i da uzajamno dejstvujući sa njima i menjaju njihov hemijski sastav. Neki smatraju da bi masovni napad ovakvim sredstvima na sistem materijalno-tehničkog obezbeđenja bio efikasniji od neposrednog vatrenog udara po oklopnim vozilima.

Bez obzira na složenost konstruisanja netradicionalnog oružja i veliku cenu realizovanja planiranih programa, vojni stručnjaci vodećih zapadnih zemalja predviđaju ovom oružju veliku budućnost zbog njegovih specifičnih borbenih svojstava. Pre svega, to se odnosi na kriterijum »cena — efikasnost«, tako da bi ono bilo znatno efikasnije od postojećeg tradicionalnog oružja. Skrivenost, iznenadnost primene novog oružja, kao i sposobnost paralizovanja celokupnog sistema rukovođenja obezbeđuju preduhitrivanje protvinika »zaslepljujućim« udarima jednovremeno po svim elementima sistema komandovanja i rukovođenja oružanim snagama. Tada može doći do situacija da znatni deo oružanih snaga i sredstava za uništavanje, sačuvavši borbenu sposobnost, bude prinuđeno da dejstvuje izdvojeno, bez rukovođenja odozgo i bez podrške suseda.

Za razliku od tradicionalnih sistema oružja, netradicioanlnim nije potrebna skupa municija i složeno materijalno-tehničko bezbeđenje. Za njihovo funkcionisanje je potrebno »gorivo«, a stručnjaci smatraju da se taj problem lakše rešava od obezbeđenja tradicionalnih sistema oružja. U tom slučaju nema troškova koji su povezani sa razvojem, izradom, zaštitom i tehničkim održavanjem municije. Za čuvanje nisu potrebna specijalizovana skladišta i oprema u kojima se održavaju određeni uslovi za čuvanje. Stručnjaci podvlače da je za efikasno korišćenje netradicionalnog oružja potrebno pažljivo proučiti ranjiva mesta protivnika. Netradicionalno oružje može da bude samo dopuna tradicionalnom, a ne njegova zamena.

Strani vojni stručnjaci, takođe, posvećuju veliku pažnju problemu zaštite i izdržljivosti oružane sile u uslovima kada protivnik primeni oružje, sa svim njegovim karakterističnim svojstvima. Smatra se da za očuvanje borbene sposobnosti oružanih snaga treba kombinovati aktivne mere protivdejstvovanja i pasivne mere za zaštitu žive sile.

Među aktivne mere spadaju izviđanje i uništenje objekata novog oružja. Stoga se smatra da je cilishodno korišćenje zemaljskih i vazdušnih robotizovanih sistema, koji mogu automatski da odrede koordinate položaja protivničkih netradicionalnih oružja i da ih unište. U sisteme za izviđanje mora da uđu sredstva pomoću kojih se može otkriti da li je došlo do ozračavanja sopstvenih objekata. Postoje podaci da već postoje indikatori laserskog ozračenja koji se ugrađuju u avione i tenkove. Moguće je da će jednovremeno dolaziti do onesposobljavanja novog i tradicionalnog oružja velike preciznosti, komandnih mesta, a i helikoptera i bespilotnih letelica. Veliki značaj pridaje se protivelektronskoj borbi. Traže se mere za protivdejstvovanje sredstvima za izviđanje, prvenstveno radio-elektronskim, a i za ometanje u sistemima za vezu i komandovanje novim oružjima.

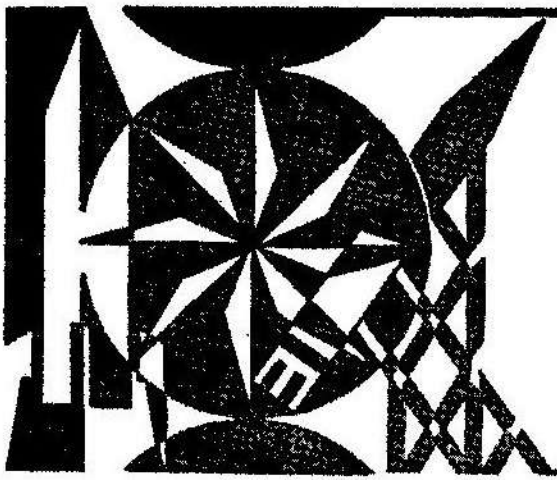
Strani stručnjaci postavljaju problem zaštite oružane sile. Pre svega, postavljaju se pooštreni zahtevi za zaštitu žive sile od oslepljujućeg dejstva laserskog oružja, od štetnog dejstva elektro-

magnetskih zračenja visokih energija na ljudski organizam. U tu svrhu izrađuju se specijalne naočari, a i odeća sa povećanom otpornošću na vatru. Razvijaju se sredstva za zaštitu osmatračkih uređaja i za vođenje ubojnih sredstava.

Smatra se da ne gube značaj i takve tradicionalne mere i sredstva zaštite kao što su fortifikacijski objekti, skloništa i zakloni. Ostaje na snazi značaj maskiranja, naročito od radio-elektronskih izviđačkih sredstava. Novo oružje postavlja i nove zahteve za preduzimanje maskirnih mera. To znači da je jednovremeno potrebno da se obezbedi ne samo skrivenost tehničkih srdestava i naoružanja, već i njihova zaštita od radio-elektronskih sredstava za vođenje i uništenje, što zanči da vertikalne i horizontalne maske i ekrani treba ne samo da kriju od otkrivanja, već i da štite od zračnog ili bilo kojeg drugog oružja.

Tvrdi se da se vojna tehnička sredstva i objekti mogu sakriti od otkrivanja radio-elektronskim izviđačkim sredstvima smanjenjem providnosti sredine između izviđačkih sredstava i maskiranih objekata korišćenjem aerosolnih zavesa. Imajući u vidu svojstva rasprostiranja laserskog snopa u atmosferi (snižavanje njegove efikasnosti), ostaje zaštitni značaj aerosola u uslovima primene laserskog oružja. Ipak, se aerosolnim proizvodima postavljaju se posebni zahtevi: oni treba da oslabe dejstvo netradicionalnog oružja i da otežaju otkrivanje maskiranih objekata. Ima podataka da se već danas na Zapadu razvijaju tzv. zgušnjavajući metalizirani i drugi aerosoli. Pored razmatranja preduzimanja pomenutih mera sprovode se i druge, tehničkog karaktera, usmerene na povećanje otpornosti borbenih tehničkih sredstava na dejstva novog netradicionalnog oružja.

P. M.



tehničke novosti i zanimljivosti

Obalska baterija »MM 40 BLOCK 2« francuskih protivbrodskih raketa »EXOCET«[1]

Familija protivbrodskih raketa EXOCET, francuske firme AÉROSPATIALE, uvećana je novim modelom radi zadovoljenja jedne nove strategijske potrebe — verzijom obalske baterije MM 40. Ova baterija pruža veliku prednost svojom sposobnošću gađanja plotunima, uz mogućnost uglovnih manevrisanja, što će doprineti maksimalnom efektu neutralisanja protivničke odbrane. U stvari, nijedan savremeni površinski brod nije u stanju da istom merom odgovori na višestruki napad koji dolazi sa svih strana.

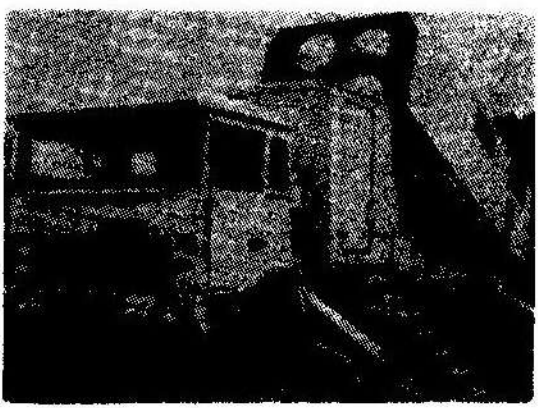
Baterija obalskog tipa formira se od vrlo malog broja vozila:

— radarskog komandnog mesta, instaliranog na vozilu 4×4;

— tri vatrene jedinice, svaka od njih obuhvata četiri rakete MM 40 u stanju borbene gotovosti, instalirane na vozilima 6×6:

— jedne jedinice za snabdevanje, sa rezervnim raketama za popunu vatrenih jedinica.

[1] Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1990, br. 101, str. 73.



Efikasnost takvih baterija očigledno zavisi od karakteristika raketa. Smatra se da je nova verzija rakete MM 40 posebno predviđena za ove baterije. Osnovnim karakteristikama rakete EXOCET (upotreba po svakom vremenu nezavisan let, »ispali i zaboravi«, niska trajektorija, visoka podzvučna brzina, domet povezan sa detekcijom i identifikacijom) raketa MM 40 BLOCK 2 dodaje dvojni kapacitet probijnja, koji je znatno uvećan zahvaljujući sposobnosti manevrisanja u poslednjim hiljadama metara i neočekivanim nepredvidivim pokretima da bi se zbunila neprijateljska protivraketna odbrana.

Mobilni PVO raketni sistem »ASPIC« francuske firme »THOMSON-CSF«[2]

ASPIC je potpuno automatizovani raketni sistem vrlo kratkog dometa, francuske firme THOMSON-CSF, namenjen za PVO stacionarnih položaja ili trupa u pokretu. Sistem omogućuje maksimalnu efikasnost ispaljene municije, skraćeno vreme reagovanja i efikasan odgovor na napade iz vazduha, uz smanjenu neophodnu poslugu. Operacija integriše:

— koordinirani režim: sa sistemom SAMANTHA,

— autonomni režim: označavanje cilja pomoću šlema ARES povezanog sa svakom borbenom jedinicom,

— poslugu: komandir oružja-operator-nišandžija.



Tehničke karakteristike:

— oružje .... 4 rakete u stanju borbene gotovosti

— turela sa servopogonom pokretna oko dve ose

— sistem za upravljanje vatrom: TV-kamera (opcionalno IC-sistem za prednje osmatranje FLIR), TV-indikator promašaja projektila, računar, konzola sa ekranskim pokazivačima (može biti udaljena do 50 m)

— mobilnost:

  — instalacija na lakim vozilima, kao što je PEUGEOT P4

  — mogućnost transportovanja avionom ili helikopterom

— vreme reagovanja sistema (s) 5

— domet (km) 9

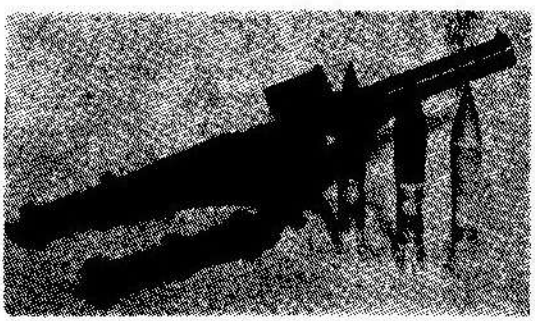
— sistem SSKP upoređen sa MANPADS ... tri puta moćniji

— sposobnost gađanja ciljeva za vreme prodornih napada.

[2] Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 1—22.

Ručni raketni bacač »F1« francuske firme »LUCHAIRE«[3]

Ručni raketni bacač model F1 kalibra 89 mm, francuske firme LUCH-AIR, precizan je, snažan i prenosivi protivoklopni sistem. Ako je opremljeno lakim nišanom sa pojačanjem svetlosti, ovo oružje može da se upotrebljava po danu i po noći.



F1 obuhvata dve glavne komponente:

— lansirno oružje sa elektromagnetskim uređajem za okidanje u vodonepropusnoj ručki,

— raketu smeštenu u transportnom kontejneru.

[3] Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 1—92.

Transportni kontejner je direktno prilagođen lansirnom oružju, što omogućuje formiranje i brzu i jednostavnu upotrebu ovog sistema. Sigurnost korišćenja je apsolutna i odgovara propisanim tehničkim uslovima NATO-a.

Ručni raketni bacač F1 je višenamenski i koristi sledeću municiju:

— protivoklopnu raketu sa kumulativnim punjenjem (AC),

— raketu za dejstvo protiv žive sile i borbenih vozila (AP/AV),

— vežbovnu raketu sa obeležavanjem mesta udara (X).

Opšte karakteristike

		Raketa AC	Raketa AP/AV	Raketa X
1	2	3	4	5
Kalibar (mm)	88,9	88,9	88,9	88,9
Masa kontejnera (g)	5500	3200	3650	3200
Dužina (m)	1,168	0,626	0,626	0,626
Dužina u borb. gotovosti (m)	1,600			
Performanse:				
Početna brzina (m/s)		291	243	291
Domet (m)		500	1000	400
Probojnost				
— čelični oklop (nagib 0°) (mm)		500		
— dvoslojni oklop (srednji tenk) (%)		100		
— troslojni oklop (srednji tenk) (%)		95		
Rasprskavajuće dejstvo (br. parčadi)			1600	

Topovi budućih tenkova[4]

Kada je početkom 70-ih godina koncipiran i projektovan tenk M1 ABRAMS, top kalibra 105 mm je izabran za njegovo osnovno naoružanje, sa zaključkom da zadovoljava zahteve savremenih borbenih dejstava. Uz to je obezbeđena i zadovoljavajuća brzina gađanja, relativno laka manipulacija municijom zbog male mase i omogućen smeštaj velikog borbenog kompleta municije, uz dobru logističku podršku.

Kasnijom promocijom modernizovane varijante tenka M1A1, sa nemačkim topom kalibra 120 mm, američka armija je priznala brzu promenu odnosa na bojištu, kao posledicu brzog razvoja novih oklopa i povećane oklopne zaštite savremenih tenkova.

Krajem 80-ih godina pokazalo se da top kalibra 120 mm ne predstavlja neki izuzetno kvalitativan napredak. Njegove mogućnosti bile su prevaziđene, pa se nametnula potreba razvoja novog moćnijeg topa u sledećem periodu. Niz modernizacija, koje je ABRAMS u međuvremenu doživeo, iscrple su njegove potencijalne mogućnosti, tako da se američki Kongres nalazi pred odlukom o davanju saglasnosti za razvoj novog tenka sa novom kupolom i novim topom.

Dnevno/noćni nišan »CAPITOLE« francuske firme »SOPELEM«[5]

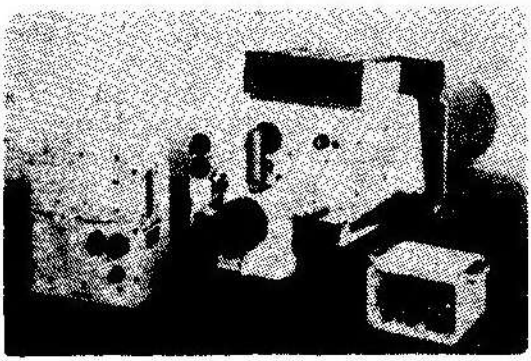
Francuska firma SOPELEM razvila je dnevni/IC noćni nišan CAPITOLE za gađanje iz turele 90 mm i 105 mm. Kanal za pojačanje svetlosti nišana TJN 2.90 zamenjen je u nišanu CAPITOLE infracrvenim termalnim kanalom firme TRT.

[4] Prema podacima iz: NATIONAL DEFENSE 1990, novembar, str. 10.

[5] Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 2—362.

Tehničke karakteristike:

	Dnevni kanal	IC-kanal
Uveličanje	x8	x8
Vidno polje	6°	6°×3°
Rezolucija	6''	0,17



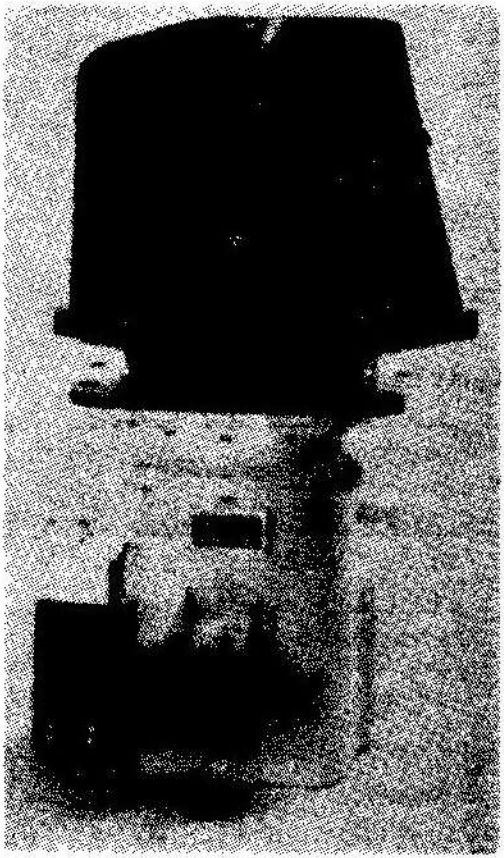
IC-kanal :

— talasna dužina (μm) — — 8—12
— detektor — — — HgCdTe fotoprovodnici hlađeni na 77°K
— optika — — — ista kao za dnevni kanal (LED ekran)
— sistem hlađenja — — — raslhadno kolo
— domet (tipičan) (km):
  — detekcije — — — — 5 do 6
  — raspoznavanja — — 3

CAPITOLE može da se koristi kao nišan u sistemu za upravljanje vatrom. On ima identičnu funkciju kao i sistem SOPTAC II (IC), ali sa poboljšanim performansama (produžen domet IC-kamere pri promenljivim meteorološkim uslovima).

Dnevno-noćni stabilizovani panoramski nišan »VIGY 40« francuske firme »SAGEM«[6]

Nišan VIGY 40, francuske firme SAGEM, je panoramski dnevno-noćni nišan stabilizovan u dve ose, namenjen za osmatranje, akviziciju, raspoznavanje i označavanje zemaljskih ili vazdušnih (helikopter) ciljeva iz oklopnog vozila u kretanju.



Nišan je pogodan za sledeće primene:

— glavni nišan za laku kupolu,
— nišan starešine vozila sa dva poslužioca,
— termalni nišan.

Opšte karakteristike

VIGY 40 je modularne koncepcije koja omogućuje uključivanje raznih opcija zavisno od zadatka.

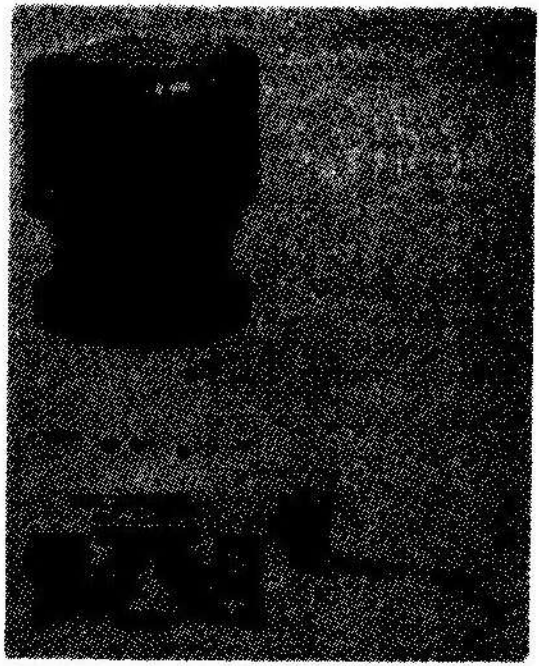
— osnovna konfiguracija, polupanoramska, dnevni kanal, uveličanje

[6] Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 2—372.

— opcija sa drugim uveličanjem
— potpuno panoramska opcija
— opcija sa laserskim daljinomerom
— noćna opcija LI ili IC.

Performanse

— uveličanje — — x8, opciono × 2
— nišanjenje (°):
— po pravcu — — ± 120, opciono n × 360
— po elevaciji — od −20 do +60
— brzina nišanjenja (rad/s) — — — 1
— tačnost stabilizacije (μrad) — — — 100
— laserska opcija (μm) 1,06 ili 1,54
— opcija sa termalnim nišanom (μm) — 3—5 ili 8—12



Kosmički univerzalni nišan za komandira tenka, francuske firme »SFIM«[7]

Francuska firma SFIM razvila je univerzalni panoramski stabilizovani nišan za komandira tenka, koji omogućuje osmatranje i precizno gađanje u rasponu 24 časa u jednom danu. Ovaj nišan koristi module VS 580 i termalnu kameru 3 do 5 μm sa matričnim detektorom 2D.

Osnovne karakteristike

— panoramska sposobnost
— stabilizacija nišanske linije u 2 ose
— dnevni kanal — — 2 uveličanja (x10, x3)
— termalni kanal 3—5 μm — — — 2 vidna polja (2°, 7°)
— laserski daljinomer

Performanse

— stabilizacija — — 0,1 hiljaditi
— ugaona tačnost — 0,15 hiljaditi
— domet raspoznavanja termalnim kanalom (km) — — 3
— okret u elevaciji (°) ± 35 ili −10 ÷ 60
— panoramska sposobnost — — — — n × 360°

Lansiranje američkog vođenog projektila »HELLFIRE« iz oklopnog transportera »M113«[8]

Protivoklopni vođeni projektil HELLFIRE uspešno je lansiran iz oklopnog transportera M113. Navodi se da su projektili HELLFIRE pogodili cilj dva puta (od tri lansirana) dok je treći promašio. Sada se vrši procena podata-

[7] Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 2—388.

[8] Prema podacima iz: INTERIATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 2, str. 167.

ka ovog ispitivanja, jer je to prvo lansiranje vođenih projektila HELLFIRE izvršeno iz oklopnog vozila.

Posle ispitivanja lansiranjem, vršeno je balističko lansiranje iz M113 po programu pod pokroviteljstvom raketne komande američkog KoV-a. Ranija lansiranja projektila HELLFIRE sa zemlje vršena su iz vojnog kamiona HMMWV, sa jednošinskog tronošca i iz prenosnog bacača, kao i sa stabilizovane platforme, američke mornaričke lebdelice na vazdušnom jastuku.

Odabrani učesnici u konkursu američkog KoV-a za poboljšanje tromblonske mine[9]

Firme MECAR, LUCHAIRE, ISRAEL MILITARY INDUSTRIES (preko američke firme McDONNELL DOUGLAS) i FN ostaju u konkursu za program američkog KoV-a za poboljšanu tromblonsku minu (Advanced Rifle Grenade) kao delu programa SOLDIER ENCHANCEMENT PROGRAM. Cilj programa je da se stvori rasprskavajući projektil koji bi bio između ručne bombe i minobacačke mine, a predviđena je familija tromblonskih mina rasprskavajućeg, dimnog i osvetljavajućeg dejstva, kao i mina za obuku. Ove mine neće se razvijati, već će se nabavljati iz trgovačke mreže.

Ugovori za tromblonske mine su zaključeni sa četiri firme učesnice u konkursu septembra 1990. godine, a ocenjivanje će se obaviti u periodu novembar 1990. — jun 1991. Određivanje karakteristika tipa (klasifikacija) obaviće se septembra 1991, mada se u vojnim krugovima nagoveštava da je zalivska kriza ubrzala program. Teleskopska tromblonska mina TELEGREN firme FN, najmanja je i najlakša, i do sada najviše ispitana. Američki mornarički korpus bi hteo tromblonsku minu kumulativnog dejstva i trebalo bi da usvoji izraelski model. Zbog zalivske krize i izmena u budžetu, program američkog mornaričkog korpusa je neizvestan.

Dalji razvoj aktivnog oklopa za borbena vozila u SAD[10]

Američka korporacija KAMAN SCIENCES CORP zaključila je sa američkim KoV-om ugovor vredan 780.000 dolara za razvoj savršenijeg aktivnog oklopa po novoj tehnologiji. Po ovom ugovoru korporacija KAMAN će do kraja godine izraditi i isporučiti »nekoliko stotina kaseta« savremenog aktivnog oklopa za bokove i kupolu za borbeno vozilo pešadije BRADLEY.

Ove kasete će se koristiti za ispitivanje i procenu koncepta neosetljivog oklopa koji su razvile navedena američka firma i francuska firma SNPE. Dve firme su formirale i zajedničku firmu AEMC za dalji razvoj proizvoda i sistema zasnovanih na tehnologiji neosetljivog oklopa. Firma KAMAN AEROSPACE izradiće metalna kućišta za kasete.

Izraelska firma RAFAEL, zajedno sa američkom firmom MARTIN MARIETTA, treba sledeće godine da isporuči za ispitivanje alternativni hibridni aktivno-pasivni oklopni sistem a firma FMC bi trebalo da predloži jedno potpuno pasivno rešenje.

Na osnovu svih ispitivanja biće izvršene odgovarajuće modifikacije borbenog vozila BRADLEY.

[9] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 1, str. 81.

[10] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 1, str. 86.

Aparat »MEDICLEAN« nemačke firme »KÄRCHER« za prvu pomoć ozleđenima od NHB dejstava[11]

Nemačka firma KÄRCHER razvila je za sanitetske jedinice dve verzije aparata MEDICLEAN, namenjenog za ukazivanje prve pomoći ozleđenima i ljudstvu koji su bili u kontaktu sa hemijskim, biološkim ili radioaktivnim agensima.

Funkcionišući na principu isparavanja, MEDICLEAN koristi novu koncepciju »body jet« („telesni mlaz«), koja omogućuje isparavanje na koži jednog rastvora za dezinfekciju i dekontaminaciju i za istovremeno udisanje. Strane obložene čestice se blago pomiču i eliminišu. Ovaj princip garantuje kontinualno poboljšanje dezinfekcije i dekontaminaciju u toku intervencije.



Aparat MEDICLEAN 2000

MEDICLEAN sadrži rezervoar za upotrebljeni rastvor. Uređaj za zagrevanje omogućuje dovođenje rastvora za dezinfekciju i dekontaminaciju na potrebnu temperaturu.

Aparat MEDICLEAN 2000 (masa 11,5 kg, kapacitet 10 l, pritisak 1 bar) namenjen je za neposrednu primenu na terenu.

Američko-nemačko vozilo za izviđanje »FOX NBCRS«[12]

Sovjetska armija ima malo i efektivno vozilo za hemijska izviđanja BRDM RKH, ali do skoro Zapad nije imao slično vozilo.



Tim stručnjaka firme THUSSEN HENSCHEL iz Zapadne Nemačke i GENERAL DYNAMICS LAND SYSTEMS iz SAD će, stoga, uskoro staviti na raspolaganje sofisticaran nuklearno-biološko-hemijski izviđački sistem

Vozilo FOX NBCRS bazirano je na amfibiji 6×6 vozila TRANSPORTPANZER 1 (FUCHS) kojih je preko 1000 u naoružanju Bundesvera.

Vozilo ima ugrađen vodom hlađeni dizel-motor MERCEDES-BENZ OM 402A, izvedbe V-8, snage 235 kW na 2500 min^{-1}. Maksimalna brzina kretanja vozila na putu iznosi 105 km/h, a na vodi 10,5 km/h. Autonomija kretanja iznosi 800 km.

NBC-detekciona oprema uključuje radijacione i hemijske ispitne jedinice,

[11] Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIOIAL 1990, br. 99, str. 78.

[12] Prema podacima iz: DEFENCE MILITARY VEHICLES 1990, septembar, str. 20.

razne instrumente i obeležívače kojima se može rukovati iz vozila.

Finansiranje programa od strane SAD usledilo je nakon otkazanog izviđačkog vozila XM 87 NBC, koje je trebalo biti realizovano modifikacijom M113.

Armija SAD, planira da nabavi 279 ovakvih vozila koja su procenjena na 1,17 miliona dolara po vozilu. Privlačnost vozila je u tome da je on nerazvojna jedinica.

Poboljšanja vozila uključuju automatsko ispitivanje, automatsku obradu i prenos podataka upotrebom sistema SINCGARS. Teldihsova izvedba navigacione (pozicione) jedinice za lociranje i pozicioniranje kontaminiranog rejona biće montirana na vozila za armiju SAD kao i Brunswick Defense XM21 Remonte Sencing Chemical Agent Alarm (RS-CAAL) koji može vršiti detekciju kontaminacije do 5 km.

Kupola budućeg lakog borbenog vozila mornarčke pešadije SAD[13]

Prema ugovoru sa američkom ustanovom TACOM, firma CADILLAC GAGE TEXTRON projektuje kupolu za lako borbeno vozilo (LAV) američke mornaričke pešadije. Završetak tri prototipa predviđen je za maj 1992, a ispitivanja treba da budu završena i odluka treba da bude donesena do januara 1994. godine. Početak isporuka se planira za juli 1995. godine.



Kupola će se postavljati na oklopno telo LAV 8×8, firme GENERAL MOTORS OF CANADA, imaće 2 člana posade, varenu čeličnu konstrukciju i ukupnu masu 3696 kg. Za slučaj primene kao jurišni top (AGS) amerike kopnene vojske, kupola ima jači oklop i masu od 4470 kg. Osnovno naoružanje je top EX-35, firme BENET LAB, kalibra 105 mm i imale sile trzanja, koji može da koristi svu standardnu municiju. Spregnuti mitraljez je M240 7,6 mm, sa borbenim kompletom od 400 metaka. Na oba boka kupole su po 4 bacača dimnih kutija. Automatski punjač topa smešten je u zadnjem delu kupole i ima 8 metaka.

Pokretanje po pravcu i elevaciji je elektromehaničko, sa opsegom elevacionih uglova $-8°$ do $+15°$ i sa dvoosnom stabilizacijom. Nišanske sprave su stabilisane, opremljene laserskim meračem daljine i termovizijom i uključene su u savremeni SUV. Vozilo je opremljeno sistemima za NHB i protivpožarnu zaštitu.

Francuski uređaj za komuniciranje glasom u borbenim helikopterima[14]

Francuska firma SEXTANT AVIONIQUE razvila je jedinicu za komuniciranje glasom, koja se koristi u borbenim helikopterima. Uređajem se povećava efikasnost posade za vreme izvršavanja borbenog zadatka, s obzirom da se upravljanje svodi na princip: govori — slušaj. Na ovaj način je omogućeno da se sva pažnja pilota skoncentriše na glavne zadatke (pilotiranje, nišanjenje i osmatranje), dok istovremeno jedinica za komuniciranje glasom obezbeđuje izdavanje i prijem naredbi u svim fazama odvijanja zadatka.

Osnovna namena uređaja je upravljanje radio-opremom, pokazivačkim jedinicama, upravljanje i izvršavanje

[13] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY1 1990,, 3 novembar, str. 899.

[14] Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 2—536.

navigacije napada, kontrola podsistema za preduzimanje protivmera, kao i upravljanje radom različitih senzora, sondi i slično.



Opšte karakteristike i performanse:

— prepoznavanje grupe reči, ili izolovano izgovorenih reči,

— fleksibilna sintaksa rečenica do osam reči,

— pojmovni imenik od 150 reči sa mogućnošću proširenja do 300 reči,

— sinteza govora na osnovu zadatog teksta (3 minuta),

— opseg prepoznavanja je veći od 90% u svim sekvencama leta za rečenice do 8 reči,

— vreme odziva je manje od 300 ms,

— opseg nerazumevanja — konfuzije je manji od 3%,

— zavisno od tipa interfejsa u helikopteru, uređaj se realizuje na dve do tri kartice.

— maksimalni napon napajanja 28 VDC/1A,

— maksimalno iskorišćenje prostora na kartici: hibridni modul za napajanje CMS, kao i specijalizovana ASIC kola za prepoznavanje govora.

Holandski radari »STIR. 180« za grčke instalacije na Kritu[15]

Grčko vazduhoplovstvo i firma SIEMENS PLESSEY RADAR iz Velike Britanije potpisali su ugovor za zamenu radara za upravljanje vatrom u NATO-instalacijama na Kritu.

Prema istom ugovoru, holandska firma SIGNAAL, kao kooperant u ovom poslu, treba da instalira dva modifikovana radara oznake STIR. 180, koji je prikazan na slici.

Radar STIR namenjen je za upravljanje PVO-raketama iz sistema flote. Za instalacije NATO-sistema na Kritu biće isporučeni radari STIR opcije za primenu na kopnu, a koji treba da posluže kao instrumentalni radari pri ispitivanju raketa.

Jedan sistem radara STIR čine dve prikolice. Na jednoj se postavlja radar za praćenje u užem smislu te reči, a na drugoj, koja je kontejnerskog tipa, u kabini, nalazi se radno mesto operatora, računarsko-pokazivački podsistem sa delom opreme za obradu signala i podataka.



[15] Prema podacima iz: MARITIME DEFENCE 1991, januar, str. 20—21.

Životni vek softvera[16]

Životni vek softvera, i sistemskog i aplikativnog, sastoji se iz sledećih osnovnih faza:

— specifikacije softverskih zahteva,

— projekat softvera,

— pisanje programa i čišćenje od grešaka (sintaktičkih i semantičkih),

— ispitivanje,

— održavanje.

Uticaj neotkrivenih grešaka, koje su napravljene u početnim fazama razvoja softvera, na ukupne troškove utoliko je veći, ukoliko se ove greške otkriju kasnije.

Istraživanja ukazuju na to da kod sredstava baziranih na (mikro) računarima, softver predstavlja osnovni izvor otkaza. Pri ispitivanju jednog borbenog aviona, na primer, utvrđeno je da su uzroci registrovanih otkaza bili softver u 44% slučajeva, hardver na avionu u 31%, oprema za podršku u 20%, tehnički podaci u 5%.

Softverska kriza[17]

Prema analizama, mnoga sredstva bazirana na (mikro)računarima i u svetu i kod nas bila su projektovana, razvijena i proizvedena, a da nije sagledan uticaj nesistemskog pristupa razvoja softvera. Navode se sledeći primeri: troškovi životnog veka u Ministarstvu odbrane SAD sredstava baziranih na (mikro)računarima pokazuju da relativan odnos između troškova životnog veka hardvera i troškova životnog veka softvera idu u prilog hardveru. Kriza je posledica opadanja troškova životnog veka hardvera, porasta cene koštanja ljudskog rada i sve složenijih zahteva u pogledu performansi, pouzdanosti i faktora kvaliteta softvera. Ista istraživanja u američkom Ministarstvu odbrane pokazuju da investicije u softver rastu alarmantnom brzinom.

Ukoliko investicije u softver nastave da rastu navedenom brzinom, ukupan budžet Ministarstva odbrane SAD bio bi utrošen na softverska sredstva na (mikro)računarima već 2015. godine.

[16] Prema podacima iz: PRAKSA 1991, br. 1, str. 24—25.

[17] Prema podacima iz: PRAKSA 1991, br. 1, str. 23—24.

AMBLEM POZADINE

Krajem maja raspisan je konkurs za izradu idejnog i grafičkog rešenja znaka Vojske Jugoslavije. Iako se na konkurs javilo stotine autora, znak VJ još nije usvojen.

Međutim, bez obzira na to, u Sektoru pozadine došlo se na ideju da treba razmišljati o predlogu za amblem pozadine. Do sada amblem pozadine nije postojao. Smatra se da bi taj znak trebalo stavljati na plakete, povelje, zahvalnice. Amblem bi trebalo da sadrži elemente iz delokruga i aktivnosti pozadinskih službi, naravno, bez ideoloških obeležja.

Predlog za amblem pozadine trebalo bi da bude grafičko rešenje. Međutim, to može biti i opis, skica ili slično.

Predloge treba slati na adresu Vojna pošta 1089 Beograd do 31. 12. 1992. godine.

Sve prispele predloge pregledaće komisija, odabrati nekoliko najboljih, koji će biti nagrađeni i otkupljeni.

REDAKCIJA

Uputstvo saradnicima

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i obrazovanju pripadnika oružanih snaga.

Članak koji se dostavlja Redakciji mora biti kompletan, tj. treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru. U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni. U kratkom sadržaju — sižeu, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak redova.

Članak treba da sadrži uvod, kratak sadržaj, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama, prema »Službenom listu SFRJ« br. 13/76. Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru, a brojčane i slovne oznake ispisati grafitnom olovkom. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane. Članak se obavezno dostavlja u dva primerka.

Spisak grafičkih priloga sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicije na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11000 Beograd, Birčaninova 5, VE-1.

REDAKCIJA