

<https://doi.org/10.24867/JPE-1991-08-059>

PREGLEDNI RAD

S. Vasić^{*)}

**ANALIZA PROGRAMSKIH JEZIKA ZA PROGRAMIRANJE
NUMERIČKI UPRAVLJANIH MERNIH MAŠINA** (II DEO)**

**ANALYSE OF PROGRAMMING LANGUAGES FOR NUMERICAL
CONTROLLED MEASURING MACHINES PROGRAMMING**

(PART TWO)

S u m m a r y

This paper is continuation of the paper of the same title published in the Publications of the Institute for Production Engineering (1990) number 7.

In this part, the short analyse of less famous languages for numerical controlled measuring machines programming, as SCAI, HELP, MAUS and MIKRON, is given. Besides of this, the short review of connection possibility of NCMES system with different CAD/CAM systems is given too.

R e z i m e

Ovaj rad predstavlja nastavak rada koji je pod istim naslovom objavljen u Zborniku radova Instituta za proizvodno mašinstvo (1990) broj 7.

U ovom delu rada se daje kratka analiza manje poznatih, u odnosu na NCMES sistem, jezika za programiranje numerički upravljanih mernih mašina, kao što su SCAI, HELP, MAUS i MIKRON. Pored toga, dat je i kratak prikaz mogućnosti povezivanja NCMES sistema sa različitim CAD/CAM sistemima.

^{*)} Siniša Vasić, dipl.ing., asistent, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, Vladimira Perića Valtera 2

^{**)} Rad je proizašao iz istraživačkog projekta TEHNOLOGIJE I SREDSTAVA RADA ZA OBRADU MAŠINSKIH MATERIJALA REZANJEM čiju realizaciju finansira Fond za naučni rad Vojvodine

1.0. U V O D

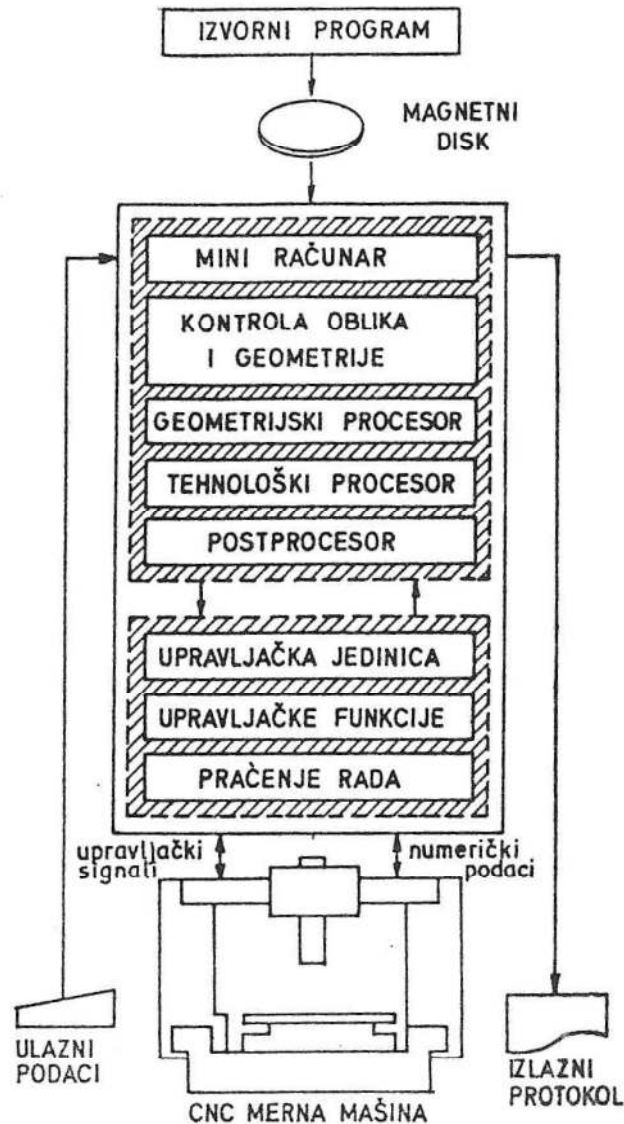
U prvom delu rada dat je prikaz razvoja programske podrške i metoda za programiranje numerički upravljanih mernih mašina (NUMM), pri čemu je akcenat bio stavljen na razvoj sistema za automatizovano programiranje (SAP) NUMM i njihovu analogiju sa razvojem SAP numerički upravljanih mašina alatki (NUMA). Najveći deo rada je bio posvećen NCMES sistemu, kao najpoznatijem i najrazvijenijem SAP NUMM. Pored ovog jezika i sistema, koji je nastao kao plod zajedničkog rada proizvođača mernih mašina u SR Nemačkoj, njihovih korisnika i naučnoistraživačkih institucija, sve uz finansijsku podršku Saveznog ministarstva za istraživanja i tehnologiju, nekoliko proizvođača NUMM je razvilo svoje jezike i sistema za programiranje isključivo svojih mašina. U nastavku se daje kratka analiza nekoliko takvih jezika, čija je primena zbog napred navedene činjenice, usko ograničena.

2.0. PROGRAMSKI JEZIK SCAI

SCAI¹⁾ je simbolički problemsko orijentisani jezik višeg nivoa, razvijen za 3D merenja na mernim mašinama italijanskog proizvođača OLIVETTI. Ovaj programski jezik ima slične karakteristike i strukturu kao i prethodno opisani NCMES, gde se preko osnovnih geometrijskih pojmova opisuju merni zadaci. Struktura SCAI programskog sistema sastoji se od geometrijskog i tehnološkog procesora, kao i od postprocesora, kako je to prikazano na slici 1.

SCAI omogućuje definisanje početnih uslova, kao što su: kalibrisanje mernih glava i mernih pipaka, odredjivanje koordinatnog početka i njegove rotacije i translacije, izbor mernog sistema (metrički ili colovni), merenje u kartezijanskim ili polarnim koordinatama. Pre samog početka merenja potrebno je uspostaviti vezu izmedju koordinatnih sistema mašine i mernog predmeta.

1) SCAI - *Software Controllo Automatico Inspector*



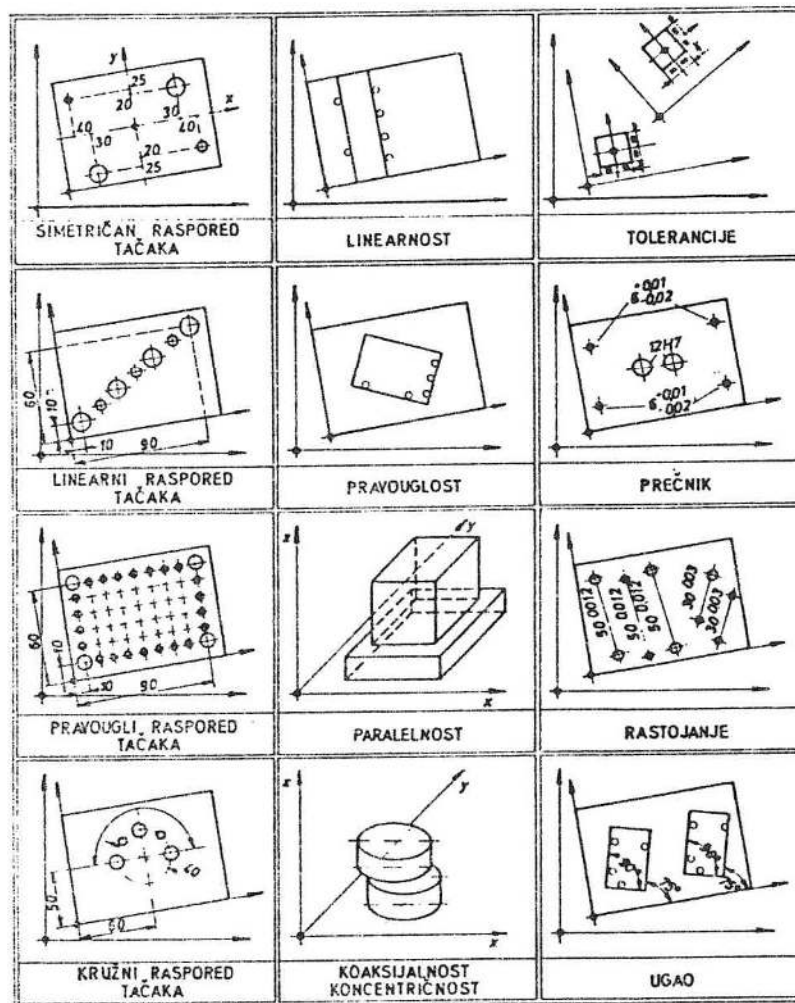
Slika 1. Struktura programskog sistema SCAI (2)

Figure 1. Structure of SCAI programming system (2)

Nakon odredjivanja početnih uslova ceo proces merenja se izvodi automatski u nekoliko koraka:

- učitavanje i dekodiranje instrukcija sa trake, odnosno diskete,
- izvodjenje samog postupka merenja na osnovu definisanih mernih zadataka,
- poredjenje izmerenih i zadatih definisanih geometrijskih elemenata,
- štampanje izlaznih rezultata.

Za geometrijski opis mernog predmeta koriste se osnovni geometrijski elementi: tačka, prava, krug, ravan, cilindar, konus i sfera. Moguće je merenje položaja pojedinih geometrijskih elemenata, kao što su: rastojanje, ugao, presečna tačka, simetrala, preseci krugova, vektor. Odstupanje položaja: pravost, paralelnost, normalnost, ravnost, koncentričnost definisana su prema DIN 7184, a moguće je meriti i odstupanja oblika svih navedenih osnovnih geometrijskih elemenata. Na slici 2. su dati primeri nekih mogućih merenja sa poredjenjem izmerenih i zadatih mernih vrednosti.



Slika 2. Primeri nekih mernih mogućnosti SCAI programskog sistema (2)

Figure 2. Some examples of SCAI programming system possibility (2)

Naredbe koje se koriste pri programiranju pomoću SCAI programskog jezika su:

- simboličke
- alfanumeričke
- sekvencijalne
- modalne

a unose se preko tastature računara. Moguće je koristiti i makro tehniku, odnosno prethodno formirane merne rutine memorisane na floppy diskovima.

Osnovne naredbe za definisanje geometrijskih elemenata su:

- POINT - definiše pozicioniranje mernog pipka u tački. Praćena je numeričkim podacima o vrednostima apscise i ordinate, ili radijusa i ugla, ili koordinatom x, y i z
- LINE - prava kroz dve tačke
- LNPT - prava kroz n tačaka (2 do 25)
- CIRCLE - definiše krug i njegov centar. Nakon izvršenog merenja dobijaju se koordinate centra kruga i njegov prečnik, npr:
XCENT-62,299; YCENT-103,115; DIA 117,662
- CNPT - merenje kruga u 3 do 25 tačaka, npr. CNPT, 10xPOINT
- CYLINDR - omogućava definisanje ose otvora i osovina u 6 do 24 tačaka
- SPHERE - naredba za merenje sfere u četiri do n tačaka, pri čemu se mora voditi računa da pri kontroli šuplje lopte predznak pri definisanju prečnika vrha mernog pipka mora biti negativan.
- PLANE - ravan merena u tri tačke
- PLNPT - ravan merena u 5 do 25 tačaka
- ANGLE - naredba koja definiše ugao između dve prave, dve ravni, dva vektora, ravni i vektora. Iza ove naredbe daju se definicije odredjenih geometrijskih elemenata između kojih se želi izmeriti veličina ugla.

3.0. PROGRAMSKI JEZIK HELP

HELP¹⁾ je programski jezik za eksterno programiranje mernih mašina italijanskog proizvođača DEA. Ovaj jezik dozvoljava generisanje programa upotrebom jednostavnih makro instrukcija pomoću kojih korisnik može da:

- . modifikuje izvorni program pomoću specijalnih rutina
- . modifikuje izlazni format za posebne aplikacije
- . obradi rezultate merenja memorisane na disketama.

U svakom mernom programu mora biti specificirana merna jedinica metrička (METR) ili imperijalna (INCH). Pre samog merenja mora se izvršiti kalibrisanje merne glave i mernih pipaka, što se postiže komandom QUALI.

Kretanja mogu biti kontrolisana ručno (MANMOV) koje se koristi pri programiranju obučavanjem ili programski (NCMOV).

Referentni sistem (AXIS) koji definiše normalan (NOR) i pomoćni (AUX) deo kartezijskog koordinatnog sistema može se odnositi na mašinu (MAC) i na merni predmet. Potrebno je takodje definisati radnu površinu (PLA) u kojoj se vrši merenje - xy, yz ili xz, a merenja se mogu izvesti i u polar-
nom koordinatnom sistemu (POLAR).

Pre samog merenja neophodno je definisati merni pipak (TDEF) pomoću koda mernog pipka, poluprečnik vrha (TRAD) i dužinu mernog pipka (TLEN). Može biti posebno kreirana i memorisana datoteka mernih glava i mernih pipaka, što olakšava programiranje.

Prikazani program (slika 3) opisuje merenje devet otvora na gornjoj površini datog mernog predmeta. Na primer, za merenje otvora broj 2 prečnika $d = 18,021$ mm, komandom § PTN = 3,000 odredjuje se broj dodirnih tačaka, što znači da će merni pipak tri puta dotaći unutrašnju površinu otvora.

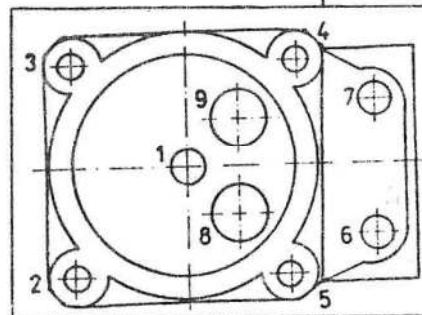
Približavanje merne glave stvarnom položaju merne tačke kontrolisano je komandom MPOS. Merenjem tačaka registru-

1) HELP - High Level Expansible Language for Programming


```

CNC INSPECTION MACHINE PART PROGRAM WRITTEN IN "HELP"
Page No.1
-----+-----
PRINT(/O,"A TYPICAL SYSTEM PRINTOUT FOR A MEASURED COMPONENT",/O):
PRINT(/-----")
PRINT(/O,
"-----",/O,
"I          I",/O,
"I 2          5 I",/O,
"I          -----",/O,
"I          8          6 I THE COMPONENT IS MEASURED IN THE SEQUENCE",/O,
"I          1          I          AS DEPICTED OPPOSITE",/O,
"I          9          7 I",/O,
"I          -----I",/O,
"I 3          4 I",/O,
"I          I",/O,
"-----",/O,/O:
PRINT(/O,"SET M/C DATUM POSITION ON HOLE No.2 & TOP FACE",/O):
PRINT("-----",/O):
MANMOV
XY:MAC:
DISOUT:
N 00001:
$REG:= 3.500:
TDEF 1:
$XT:= 795.775:$YT:= -423.378:$ZT:= -1.523:
$DT:= 19.021:$KT:= .000:
$LWX:= -.020:$UPX:= .020:$LWY:= -.020:
$LPY:= .020:$LWZ:= .000:$UPZ:= .000:
$LWA:= .000:$UPA:= .000:$LPW:= .000:
$SUP:= .000:$LWD:= .000:$SUPD:= .000:
$LKK:= .000:$UPK:= .000:
$CT:= .000:
$TZ:= .000:
/PTN:= 3.000:
HOLE:

```



Slika 3. Deo izvornog programa napisan u HELP jeziku (8)

Figure 3. Part of part program written in HELP language (8)

ju se njihove koordinate u datom referentnom sistemu, a rezultati merenja se mogu koristiti u bilo kom delu programa ako se izmerene veličine memorišu.

Komandom ENOUT daje se naredba za štampanjem merenih rezultata, pri čemu se mogu tražiti rezultati (RESULT) merenja (MEAS) i/ili teoretski podaci (THEO) sa izračunatom greškom (ERR) između nominalne i stvarne vrednosti. Komande za štampanje gornjih i donjih vrednosti tolerancija su UPTOL i LWTOL, a izračunato odstupanje od datih tolerancija OUT. Izlaz na štampač može biti ukinut naredbom DISOUT.

Na slici 4. je prikazan deo rezultata merenja sprovedenog na osnovu prikazanog izvornog programa.

MEASURE HOLE 2							
		MEAS	THEO	ERR	LWTD	UPTD	OUT
N00011	HO	NO					
X		-60.151	-60.160	-.009	-.020	.020	
Y		-61.819	-61.825	-.006	-.020	.020	
D		18.029	18.020	.009	-.020	.020	
MEASURE HOLE 3							
N00012	HO	NO					
X		60.455	60.455	.000	-.020	.020	
Y		-61.715	-61.715	.000	-.020	.020	
D		18.018	18.020	-.002	-.020	.020	
MEASURE HOLE 7							
N00016	HO	NO					
X		22.143	22.187	-.044	-.020	-.020	-.024
Y		114.322	114.412	-.090	-.020	-.020	-.070
D		20.558	20.462	.096	-.020	.020	.076

Slika 4. Deo rezultata merenja (8)

Figure 4. Part of measuring results (8)

4.0. PROGRAMSKI SISTEM MAUS

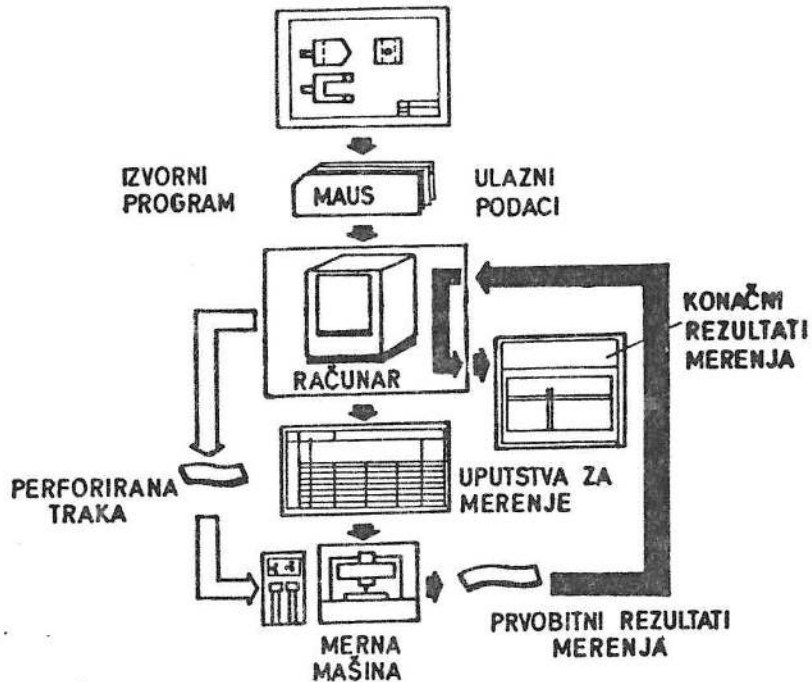
Programski jezik **MAUS**¹⁾ razvijen je za programiranje mernih mašina i obradu rezultata merenja (slika 5) uglavnom za merne mašine ZEISS (DDR).

Najpre se u računaru srednjeg kapaciteta vrši obrada ulaznih podataka, rezultat čega je perforirana traka za upravljanje mernom mašinom i odštampano uputstvo za merenje. Rezultati merenja se izvode na perforiranu traku i uvode u računar gde se vrši njihova obrada, nakon čega se dobijaju konačni rezultati merenja.

Za definisanje geometrijskih elemenata koriste se sledeće ključne reči i skraćenice:

- | | |
|---------|----------------------------|
| - Tačka | - P, PKT |
| - Prava | - G, SL |
| - Krug | - K, KR, KREIS, CIRCLE, CR |

1) MAUS - Mess Auswertungs Sprache



Slika 5. Tok informacija u programskom sistemu MAUS (7)

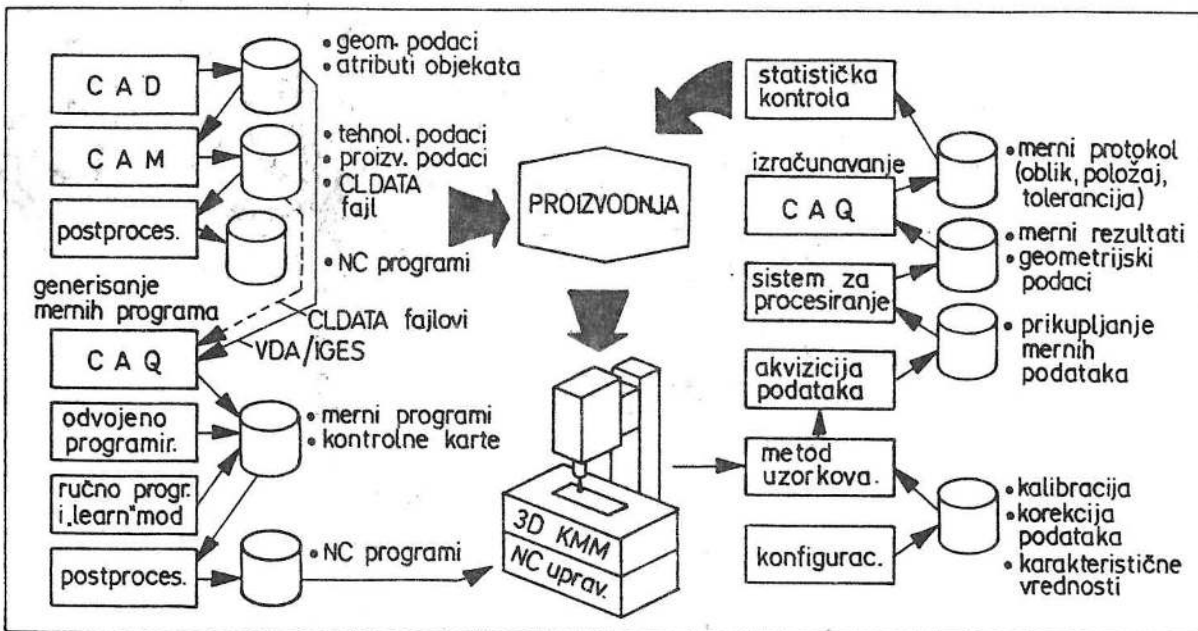
Figure 5. Information flow in MAUS programming system (7)

- | | |
|------------|-------------------|
| - Ugao | - W, AN |
| - Ravan | - EB, PL |
| - Cilindar | - ZY, CYL, CY, CL |
| - Konus | - KE, CO, CN |
| - Lopta | - KU, B, BALL, SP |

Na osnovama ovog programskog sistema poslednjih godina je razvijen ARCHIMEDES, modularno struktuiran programski sistem koji se može adaptirati specifičnim zahtevima korisnika, dalje širiti i povezivati sa CAD/CAM/CAQ sistema i prenositi na druge računare (slika 6).

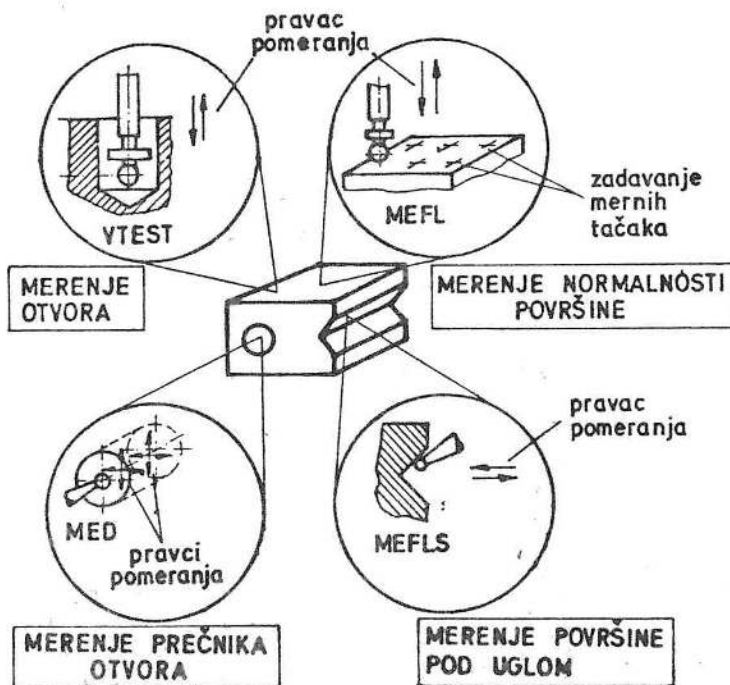
ARCHIMEDES sadrži sve funkcije neophodne za akviziciju, procesiranje i izračunavanje mernih podataka na 2D i 3D geometrijskim objektima, osnovne geometrijske elemente (tačka, prava, krug, konus, itd.), preseke, povezivanje i sintetizovanje pojedinih operacija, postavljanje koordinatnog sistema radnog predmeta, izmenu položaja, itd. Pored toga, ovaj sistem obezbeđuje mnoštvo uslužnih funkcija kao što su generizovanje zapisa, upravljanje podacima i mernim programima, prekidanje merenja, kreiranje i izmenu mernih programa,

on line pomoćne funkcije, automatske i "teach-in" operacije, kalibraciju i mnoge druge.



Slika 6. Generalni koncept softverskog sistema ARCHIMEDES (6)

Figure 6. ARCHIMEDES general system concept (6)



Slika 7. Metrološki zadaci pri merenju na mernim mašinama PRISMA 2 (7)

Figure 7. Metrological tasks for measurement on PRISMA 2 measuring machines (7)

Drugi jezik za programiranje mernih mašina razvijen u DR Nemačkoj u velikoj meri se oslanjao na programski jezik AUTOTECH - SYMAP za programiranje NU bušilica i glodalica. Ovaj jezik je razvijen za merenje prizmatičnih delova na mernim mašinama tipa PRISMA 2, pri čemu je predviđeno zadavanje tehnoloških uputstava za četiri tipa metroloških zadataka (slika 7). Zadavanje koordinata mernih tačaka određuje se pomoću geometrijskih uputstava pozajmljenih iz AUTOTECH-SYMAP programskog jezika. Pored toga, ovaj jezik sadrži i uputstva za zadavanje naredbi o obradi rezultata merenja, pri čemu je predviđeno 16 operacija obrade rezultata, a svakoj od njih odgovara jedna reč u jeziku.

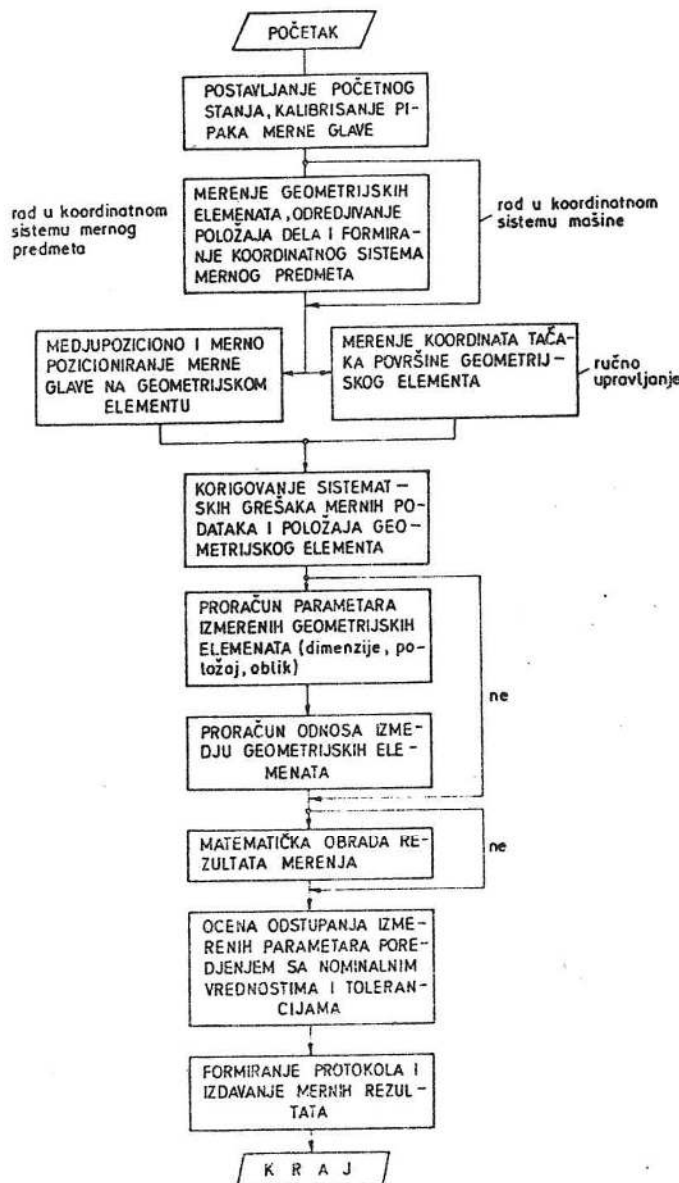
5.0 PROGRAMSKI SISTEM MIKRON

U SSSR je razvijen sistem za programiranje mernih mašina koji obuhvata problemsko orijentisani jezik **MIKRON** i blok za redigovanje mernih programa **REDAKTOR**. Ovaj programski sistem obezbedjuje zadavanje redosleda mernih operacija, obradu i registrovanje rezultata merenja.

Simbolički jezik **MIKRON** sadrži operatore neophodne za upravljanje i podešavanje merne mašine, za unos i transformisanje ulaznih podataka, za geometrijske i aritmetičke operacije, za unos nominalnih podataka i konstanti, kao i za izlaz rezultata merenja. Merni programi se unose u računar preko tastature ili učitavanjem sa prethodno pripremljene perforirane trake.

Tipičan redosled izvodjenja mernih programa prikazan je na slici 8. Pre početka merenja vrši se kalibracija mernih pipaka, a podaci se unose u računar radi uzimanja u obzir prečnika vrha mernih pipaka pri obradi rezultata merenja. Podešavanje mernog predmeta, odnosno određivanje koordinatnog sistema mernog predmeta i njegovo povezivanje sa koordinarnim sistemom merne mašine vrši se automatski.

Nakon unosa napisanog programa u računar, vrši se provera sintaksne korektnosti sa izdavanjem dijagnostičkih obaveštenja u slučaju grešaka.



Slika 8. Redosled izvodjenja programa napisanim u MIKRON programskom jeziku (1)

Figure 8. Sequence of programs performing which are in the MIKRON programming language written (1)

6.0. UMETO ZAKLJUČKA

Numerički upravljane merne mašine su zahvaljujući svojoj visokoj tačnosti i pouzdanosti doprinele automatizaciji metroloških zadataka, kako u konvencionalnim tehnološkim sistemima, tako i u sistemima zasnovanim na fleksibilnoj automatizaciji. O intenzivnom razvoju ovih mernih uređaja govo-

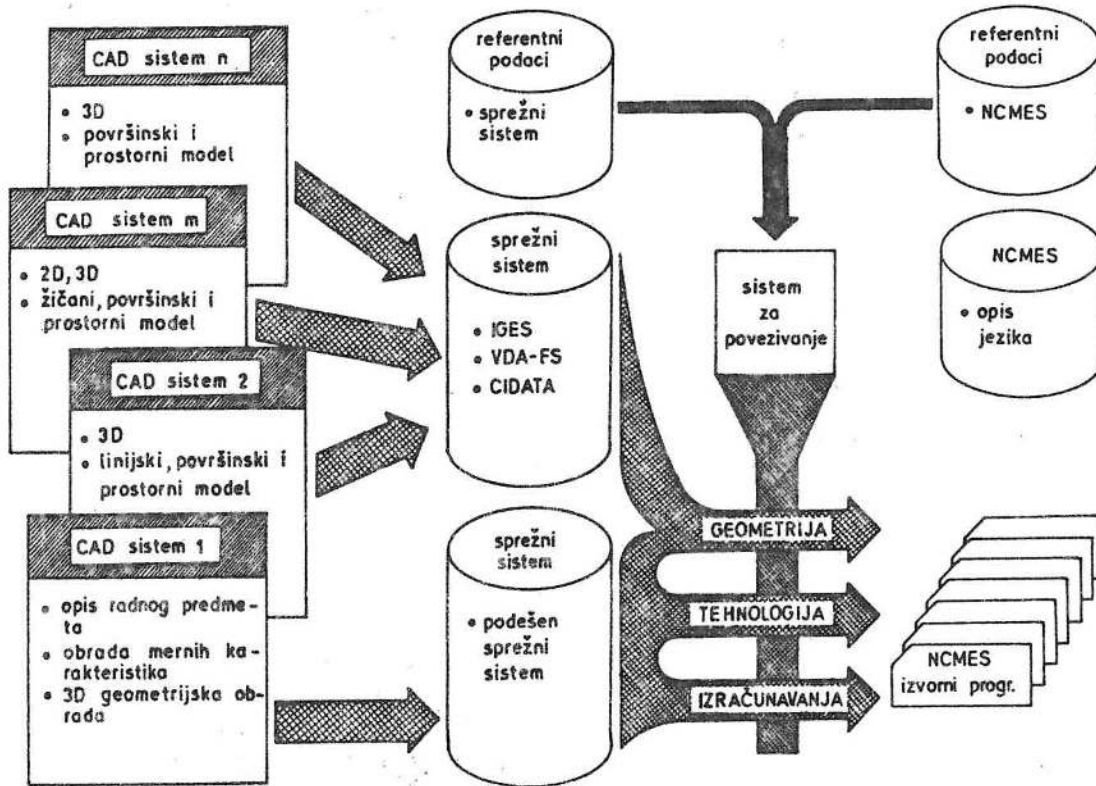
ri i činjenica da su u svom dvadesetogodišnjem razvoju do industrijske primene dovedena četiri tehnološka nivoa ovih mašina. Uporedo sa razvojem NUMM razvijeni su i sistemi za njihovo programiranje i programska podrška, naročito za merne mašine treće i četvrte generacije. Analiza postupaka programiranja NUMM dovodi do saznanja o raznolikosti prilaza, terminologije i podela vezanih za ovu aktivnost, a koji se u osnovi mogu podeliti na (10, 11):

- radioničko (pogonsko) programiranje,
- eksterno (off-line, odvojeno) programiranje.

Do danas je razvijeno nekoliko sistema za eksterno programiranje NUMM, pri čemu se polazilo od analogije sa sistemima za programiranje NUMA. Najpoznatiji, najrazvijeniji i najrasprostranjeniji sistem za eksterno programiranje NUMM je svakako NCMES, čija je modularna struktura sa odvojenom obradom geometrijskih i tehnoloških informacija omogućila njegovo povezivanje sa dvadesetak postojećih CAD sistemima i integraciju u strukturu fleksibilnih proizvodnih sistema. Na slici 9. je prikazana mogućnost istovremenog povezivanja NCMES sistema sa nekoliko CAD sistema u cilju što bržeg i efikasnijeg generisanja izvornih mernih programa.

Dalji razvoj sistema za automatizovano programiranje NUMM baziraće se na sve tešnjem povezivanju ovih sistema sa CAD/CAM/CAQ sistemima, obzirom da takva rešenja obezbeđuju:

- povećanje ekonomičnosti pri izradi mernih programa na osnovu raspoloživih podataka smeštenih u zajedničkoj bazi podataka,
- smanjenje učestalosti grešaka pri generisanju mernih programa,
- bržu reakciju na konstruktivne izmene zahvaljujući centralnoj bazi podataka,
- stvaranje uslova za potpuno automatizovano generisanje mernih programa,
- poboljšanje grafičke kontrole kolizije simuliranjem toka merenja na modelu pomoću grafičke jedinice.



Slika 9. Povezivanje NCMES sistema sa raznim CAD sistemima
(13)

Figure 9. Linkage of NCMES system with different CAD systems
(13)

7.0. LITERATURA

- [1] Burgindas S.J., Ramanuaskas V.A., Tonkunas R.J., Sistema programiranja dlja avtomatizirovanih koordinatnih izmeriteljnih mašina, Stanki i instrument, 3, (1981)
- [2] Hahn H., Flexibles Programmiersystem für CNC - Koordinaten - Meßgeräte, Wt-z ind. Fertigung 72, (1982)
- [3] Majstorović, V., Stanić, J., Software-ska podrška za NUmjerne mašine, III naučno-stručni skup MMA '83, Novi Sad, 1983.
- [4] N.N., HELP, point-to-point Measuring Systems with PDP 11/04 Minicomputer, DEA, Moncalieri, 1980.
- [5] N.N. SCAI 20, Software Library for Machining Centers and Measuring Centers, Olivetti Controllo Numerico, Bernardo d'Ivrea
- [6] N.N., ARCHIMEDES, Coordinate Measurement Software, High Tech EDV-Systeme, St. Ingbert

- |7| Pfau D., Koerth D., Probleme der maschinellen Programmierung numerisch gesteuerter Messmaschinen, Techn. Zbl. prakt. Metallbearbeitung, 69, (1975), 2
- |8| Ranky P., The Design and Operation on FMS, North-Holland Publishing Company, New York, 1983.
- |9| Stanić, J., Majstorović, V., Analiza software-a za NUMERNE mašine, stručni seminar "Koordinatna merilna tehnika v proizvodnji", Maribor, 1982.
- |10| Vasić S., Analiza programske podrške za koordinatne merne mašine, Seminarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1988.
- |11| Vasić, S., Stankov, J., Sistemization of Methods for NC Measuring Machines Programming, IFIP, T.C. 5/W.G.5.3 Working Conference on "Computer Integrated Quality System in CIM Systems", Beograd, 1989.
- |12| Vasić, S., Gatalo R., Hodolič J., Povezivanje sistema za automatizovano programiranje NUMERNIH mašina sa CAD sistemima, 8. jugoslovenski simpozijum "CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala", Cavtat, 1989.
- |13| Eversheim W., Auge J., Automatic generation of Part Programs for CNC - Coordinate Measuring Machines Linked to CAD/CAM Systems, Annals of the CIRP, Vol. 35/1/1986.