

PRIMENA RAČUNSKIH MAŠINA  
U ISTORIJI NAUKA  
I ISTORIOGRAFIJI UOPŠTE

Prema mogućnostima savremenih digitalnih računara mišljenja smo da opšta istoriografija, a specijalno istorija nauka, ne može da ostane po strani od primene veoma razvijenih sredstava tehničke kibernetike i računara. Naš rad predstavlja prvi pokušaj primene računara u istoriji nauka u nas sa prikazom izvesnih istraživanja istorijskih numeričkih tablica čiji je sadržaj metrološki. Naveli smo da je ovo prvi tekst u nas o primeni računara u istoriji stoga što je u istorijskoj nauci ovaj problem započet šezdesetih godina radovima E. S. Kennedyja<sup>1</sup> i O. Gingericha.<sup>2</sup>

Za osnovu našeg rada, gde želimo da sistematizujemo primenu računara u istoriji sa ciljem dobijanja novog metoda istraživanja u istoriji, poslužile su nam, donekle, subrutine istorijskih podataka sa Američkog univerziteta u Bejrutu oko čijeg je računskog centra najviše i razvijena primena računara u istoriji nauka.<sup>3</sup> Na naš rad direktan uticaj imalo je i istraživanje O. Gingericha o Keplerovim numeričkim radovima na orbiti planete Mars. Inače, ideju za primenu računara u istoriji nauka autor ovog rada dobio je 1970. godine nezavisno od navedenih rasprava Kennedyja i Gingericha za koje tada nije ni znao. Ustvari, proučavajući Keplerovu računsku tehniku, tačnije Keplerove logaritamske tablice<sup>4</sup> došli smo do saznanja o primeni savremenog računara u istoriji nauka.

<sup>1</sup> E. S. Kennedy, *The Digital Computer and the History of the Exact Sciences*, Centaurus 6 (1967), 107-113.

<sup>2</sup> O. Gingerich, *The Computer Versus Kepler*, *American Scientist* 2(1964), 218-226.

<sup>3</sup> Navedeno pod 1.

<sup>4</sup> Videti: J. Belyj — D. Trifunović, *Zur Geschichte der Logarithmentafeln Keplers*, NTM, Leipzig, 9, 1972, 1, 5-20.

U još nedovoljno istraženom i egzistencijalno postavljenoj historiji nauka u nas zapretna su mnoga dostignuća koja savremenom istraživaču mogu itekako učiniti mnoge probleme jasnijim i rešenja potpunijim. Izrazitije nego u drugim čovekovim stvaralačkim delatnostima (npr. umetnost, književnost, ...) u nauci je staro i novo uslovljeno jedno drugom, povezano izvrstnim genetičkim vezama, a ipak, dok se druge nauke paze i čvrstiju uz stalno prisustvo njihove historije, u tačnim naukama ova komponenta nije tako srasla sa bavljenjem njima (npr., odnos savremene prema historijskoj metrologiji). Otuda još nema razvijene teorijske misli o istoriji nauka, njenom domenu, metodi i svrsi. No, neosporno, kada nepotpuno postojanje historijskih istraživanja pruža mogućnosti za izvesne preliminarne napomene i razmišljanja u smislu primene savremenih dostignuća nauke i tehnike u istoriji nauka.

Oblast historijskih istraživanja slojevita je i produbljuje se sa razvojem nauke i tehnike. U uslovima ovog razvoja i metod historijskih istraživanja doživljava svojevrstnu mutaciju — saobražavanje. Promena u metodu sastoji se pre svega u iznalaženju otkrića, anticipacija, kontinualnih procesa — zatim u njihovoj analizi i sagledavanju u svetlu i sredstvima savremenih dostignuća. Kao primer, koji ćemo ovde razraditi, može da posluži primena savremenih digitalnih računara na neke probleme historije nauka, specijalno metrologije.

Računar u istoriji nauka ponovo otvara savremenoj nauci pitanja koja su se do sada iz raznih razloga zanemarivala (ova interakcija primer je čvrstine odnosa nauka-istorija o kojem smo govorili jednom drugom prilikom).<sup>5</sup> Računar je doveo u novije vreme do buduća većeg interesovanja za istraživanja u istoriji o čemu mogu posvedočiti primeri koje ćemo navesti, a u kojima je imanentno sadržana i svrha historijskih istraživanja ovog tipa. Primeri su iz nacionalne i opšte historije nauka koji su, ujedno, bili i direktna posledica naglog prilaza istraživanjima mogućnosti primene računara u istoriji nauka.

Odnos: *istorija nauka-računar* može biti dvojak. Prvo, korišćenje savremenih računara u istraživanjima historije nauka i drugo, nalaženje historijski pouzdanih činjenica računarske tehnike predelektronskog perioda koje treba da uspostave kontinuitet sa savremenim računarima.<sup>6</sup>

Primena računara u istraživanjima historije nauka danas je neophodna i svodi se na tumačenje drevnih tekstova, transformaciju starih numeričkih tablica na savremen oblik jedinice mera i slično.

<sup>5</sup> D. Trifunović: *Voprosy istorii estetvoznaniya i tehniki*, Moskva, 1973, vy. 43.

<sup>6</sup> Na Kongresu za istoriju nauka (Moskva, 1971. godine) autor ovog rada izložio je projekat za pisanje historije računarskih mašina predelektronskog perioda (materijal je u štampi).

Na primer, u antičko doba i srednjem veku uglavnom je bio u upotrebi seksagezimalni sistem.<sup>7</sup> Stoga je najpovoljnije proučavanje starih rukopisa izvršiti u seksagezimalima, te je za ove potrebe korisno imati tabele trigonometrijskih i drugih funkcija u seksagezimalnom sistemu, a što se lako postiže upotrebom savremenog računara. Navedimo još jedan slučaj. U rukopisima do XVII stoleća često se nailazi na numeričke tablice, gde je poznat analitički oblik tabelarne funkcije ili se on lako može naslutiti. Ovde primena računara ne samo da potvrđuje identifikaciju funkcije, već omogućava, veoma jednostavno istraživaču da prosuđuje o tačnosti sa kojom su urađene tablice. Pri ovome, računar otkriva pogreške u originalnom rukopisu i daje odgovor o vrsti interpolacije koja je primenjena pri sastavljanju tablica.

Polazimo od činjenice da se svaka istorijska informacija može pomoću odgovarajućeg koda pretvoriti u broj ili skup brojeva, a bilo koja obrada tih informacija može se realizovati primenom odgovarajućih operacija nad tim brojevima. Tako se neki tekst može preneti pomoću serije električnih impulsa, koji su ekvivalentni nekom broju predstavljenom u binarnom brojnem sistemu. Ili, pak, pretvaranje informacije sadržane u polaznim podacima nekog istorijskog događaja (građe i slično) u informaciju o rezultatu njegovog rešenja, može se takođe svesti na kodiranje podataka brojevima i na operacije nad tim brojevima. Znači, moguće je bilo koji skup istorijskih podataka prevesti na oblik numeričke informacije (skup brojeva), što eksplicitno dovodi do odgovarajućeg matematizma u istorijskim istraživanjima.

Ovakvu korespondenciju između istorijskih data i impulsnih nosača informacija iskoristili smo da podatke istorijske sadržine podvrgnemo obradi u savremenom računaru, a u smislu matematičkog modelovanja istorijskih data, rekompjuterizacije raznih tabela i na taj način da znatno utičemo na metodologiju istorijskih istraživanja.

Nedvosmisleno tvrdimo, da će primena savremenih računara u istoriji nauka potpuno izmeniti metod istraživanja u istorijskoj metrologiji, istoriji nauka i istoriografiji uopšte.<sup>8</sup>

Digitalne mašine, stvorene u početku samo za obavljanje računskih operacija, tokom svog razvoja su se pokazale pogodne i za korišćenje u različitim oblastima nauke. Već sada se oblast njihove primene proširila daleko van granica mehanizacije računskih radnji, a što ćemo pokazati na istorijskim istraživanjima. Osim obav-

<sup>7</sup> Primera radi, konsultovati: Des Claudius Ptolemaus Handbuch der Astronomie. Übersetzt von K. Manitius. 2 Bände, Leipzig, B. G. Teubner, 1912, 1913. — Vldeti takođe raspravu akademika M. Milankovića u Zborniku radova SANU, XXXV, knj. 3, 1953, 11—14.

<sup>8</sup> U ovom smislu bila je i diskusija profesora René Tatona povodom autorovog izlaganja na 2. međunarodnom savjetovanju za historijsku metrologiju (Rijeka, 19—21. IX. 1973).

ljanja složenih proračuna što je bitno za istorijsku metrologiju, digitalne mašine koriste se za stvaranje modela složenih istorijskih istraživanja, analiziraju složenu cjelinu jedne određene metrologije u funkciji vremena itd.

Imajući u vidu da je u našoj sredini ovo prvi tekst o primeni računskih mašina u istoriji nauka, cilj u ovom radu kretao se od pružanja osnovnih informacija do izlaganja izvesnih konkretnih istraživanja vezanih za matematička modelovanja, rekompjuterizaciju i obradu istorijskih informacija.

## MATEMATIČKI MODEL ISTORIJSKIH PODATAKA

Među otkrivenim metrološkim jedinicama ili opšte numeričkim i tekstualnim tablicama, istorija nauka nailazi i na mnoštvo podataka koje treba dešifrovati-razrešiti. Kod ovakvog sistema istorijskih data istraživaču su nepoznati osnovni činioči za čitanje i tumačenje podataka, kao i korišćenje pronađenih metroloških jedinica. Jednostavno rečeno, za takav skup podataka, za koji istorija nauka poznaje jedino ulazno-izlazne informacije u obliku nekih numeričkih tablica, obično nije poznat zakon po kome se elementi tog skupa ponašaju (zavisnost ulazno-izlaznih podataka), odnosno istorija nauka u ovom slučaju ne poznaje nikakve činjenice koje bi nagovestile postupak kojim se došlo do tih starih numeričkih tablica, brojeva uopšte, čiji je izvor u privredi, medicini, metrologiji, farmaciji, astronomiji, matematici ili drugoj nauci.

Ovo je tipičan slučaj »crne kutije« kao poznatog pojma iz teorije modelovanja. U našem slučaju, pod »crnom kutijom« podrazumeva se sistem istorijskih data, za koji su spoljnom posmatraču-istoričaru nauka dostupne samo ulazno-izlazne veličine, odnosno sadržaj istorijskih podataka u jednoj tablici kao skup numeričkih informacija

$$(x_i, y_i), i = 1, 2, 3, \dots$$

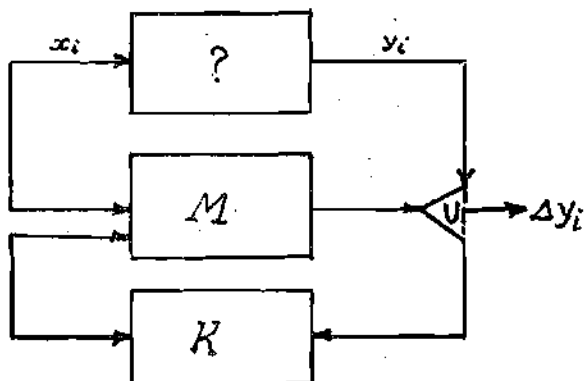
a njegovo unutrašnje uređenje (struktura), zakonitost kako smo ranije rekli

$$f: x \rightarrow y,$$

nepoznato mu je. Ipak, preko teorije aproksimacija pokazalo se mogućim u ovom slučaju dešifrovati sadržaj istorijskih tablica na osnovu posmatranja samo promene izlaznih veličina  $y_i$  nastalih usled promena ulaznih  $x_i$ . Ovakav prilaz, naime, stvara mogućnosti da se objektivno prouče istorijske date, čije je ustrojstvo  $f$  nepoznato ili suviše složeno da bi bilo moguće izvesti zaključke, dešifrovanje sadržaja istorijskih tablica na osnovu ponašanja sastavnih delova (ulaz-izlaz). Posmatrajući ponašanje ovakvog sistema jednom od

metoda modelovanja, može se postići takav stepen poznavanja svojstava istorijskih data, da postoji mogućnost predviđanja kretanja njegovih izlaznih podataka pri poznatoj promeni podataka na ulazu.

Pod ovakvim okolnostima istorijske obrade otkrivenih metroloških podataka i numeričkih tablica uopšte, najcelishodnije je uspostaviti matematički model istorijskih data koji se na osnovu vrednosti i kompozicije podataka može naslutiti i tim modelujućim procesom pretpostaviti razumne vrednosti za bilo koji uvedeni parametar u matematičkom modelu. Na osnovu ovih modelujućih parametara u računaru se ponovo izračunava čitava masa istorijskih data i vrši upoređivanje rezultata sa izvornim podacima. Prema veličini greške između ataširanih i originalnih data u računaru se jednostavno mogu menjati modelujući parametri kako bi se dobilo minimalno odstupanje, tj. optimalni matematički model za sistem istorijskih podataka. Neosporno, da se može i odustati od polazno izabranog matematičkog modela u korist drugog i ceo postupak ponoviti.



Sl. 1 — Shema »crne kutije« sa usvojenim modelom (M) i korekcijama (K) za uslove tačnosti (U)

Međutim, ma kako detaljno da proučimo ponašanje naše »crne kutije«, ne možemo izvesti obrazložene zaključke o unutrašnjem ustrojstvu, jer jedno isto ponašanje — modelovanje mogu da poseduju različite istorijske date. Neosporno da u ovom slučaju istorijski sistem sa metrološkim podacima ili bilo kakvim numeričkim podacima može biti izomorfan sa nekim drugim sistemom, jer usvojen matematički model pruža jednake skupove ulazno-izlaznih veličina oba sistema. U ovom slučaju modelujuća funkcija  $f$  za istorijske podatke  $(x_i, y_i)$  predstavlja analoško jezgro među istorij-

skim sistemima koji su međusobno disparatni.<sup>9</sup> Neka su  $A$  i  $B$  dva sistema istorijskih objekata ( $A, B, \in \rightarrow S$ ). Sistemi  $A$  i  $B$  nazivaju se modelom jedan prema drugom, onda i samo onda ako možemo uspostaviti tako homeomorfno preslikavanje sistema istorijskih objekata  $A$  na izvestan sistem  $A'$  ( $A \rightarrow A'$ ) i homeomorfno preslikavanje sistema istorijskih objekata  $B$  na neki sistem  $B'$  ( $B \rightarrow B'$ ), da sistemi  $A'$  i  $B'$  budu međusobno izomorfni. Tako određena relacija »biti model« u oznaci  $\mu$  (npr.  $A \mu B$ ) jeste *relacija ekvivalencije*, jer je relacija »biti model«:

- refleksivna ( $\forall A \in S$ )  $A \mu A$ ,
- simetrična ( $\forall A, B \in S$ )  $A \mu B \Rightarrow B \mu A$ ,
- tranzitivna ( $\forall A, B, C \in S$ )  $A \mu B \wedge B \mu C \Rightarrow A \mu C$ .

Znači, proučavanje nekih istorijskih podataka metodom »crne kutije« principijelno ne može dovesti do jednoznačnog zaključka — tačnog dešifrovanja njegove unutrašnje strukture, pošto se ponašanje datog istorijskog sistema numeričkih podataka, posmatranog kao »crna kutija«, ni po čemu ne razlikuje od ponašanja svih sistema koji su s njim izomorfni. Pri ovome, kao što smo napomenuli, treba paziti na to da se za bilo koji konkretan sistem istorijskih data može izabrati neograničeno mnoštvo konkretnih, s njim izomorfnih sistema.

Ovakav tretman u dešifrovanju istorijskih numeričkih tablica je veoma brz i jednostavan, jer se u istraživanju koristi savremenim računarnom veoma fleksibilnih mogućnosti i brzih kalkulacija.

Opis sistema istorijskih data nekim formalnim jezikom naziva se njegovim matematičkim modelom što ćemo ovde i izložiti. Ovakav prilaz omogućava nam da izvedemo izvesne zaključke o nekim karakteristikama ponašanja istorijskih data, primenjujući formalnu proceduru nad opisom sistema. Kako matematički opis ne može da bude sveobuhvatan i idealno tačan, to matematički model za naš sistem ne opisuje stvarni sistem već njegov uprošćeni model, pri čemu je za oba modela u važnosti napred navedena definicija.

Neka skup uređenih dvojki  $(x_i, y_i)$ , gde je  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ , predstavlja podatke istorijske prirode među kojima postoji neka zavisnost u obliku grafika

$$(1) \quad \Gamma_t = \{(x, y = fx) \mid x \in D \wedge y \in V\},$$

čiji analitički oblik  $fx$  ne poznajemo. Ako ovom skupu  $\Gamma_t$  istorijskih data pridodamo matematički model

$$(2) \quad Y = F(X, a_1, a_2, a_3, \dots, a_k),$$

<sup>9</sup> Analoško jezgro je kategorija teorije modelovanju koju je uveo Mihailo Petrović (1868—1943) početkom ovog stoljeća. O ovom videti belešku 15.

gdje je

$$(3) \quad A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_k\},$$

$k$  — dimenzionalni vektor čije su koordinate modelujući parametri  $a_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, k$ ), tada problem dešifrovanja istorijskih podataka (1) svodimo na problem identifikacije parametara (3) postupkom »glačanja« otkrivenih istorijskih podataka matematičkim modelom (2).

Identifikacija parametara (3) matematičkog modela (2), a time dešifrovanje skupa istorijskih data (1), sastoji se u određivanju optimalnih vrednosti parametara u skupu  $A$ , pri čemu će se vrednosti koje daje matematički model  $F(X, A)$  u poznatim tačkama  $x$ , najbolje približiti istorijskim podacima  $y = fx$ .

Kao kriterijum tačnosti između rešenja koje daje matematički model (2) i istorijskih data (1), može se uzeti neka od pozitivno semidefinitnih formi oblika

$$(4) \quad \Phi = \Phi(\varepsilon) \quad (\forall x)$$

gdje je  $\varepsilon(x, A)$  greška odnosno odstupanje matematičkog modela  $Y(X, A)$  od istorijskih podataka  $\Gamma_1$  u tačkama  $x = x_i$

$$(5) \quad \varepsilon(x_i, A) = Y(X, A) - y(x_i).$$

Za pozitivno semidefinitnu formu  $\Phi$  pod uslovom da je  $(\forall x \in \Omega) y(x) > 0$ , može se uzeti oblik

$$\Phi = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{(\varepsilon(x_i, A))^2}{y(x_i)},$$

koji nas dovodi do poznate metode najmanjih kvadrata.<sup>10</sup>

Na osnovu ovoga, identifikacija parametara matematičkog modela istorijskih data svodi se na problem ekstremizacije, odnosno minimizacije semidefinitne forme  $\Phi(A)$  u odnosu na modelujuće parametre  $a$ ;  $k$ -dimenzionalnog vektora (3).

Navedimo jedan primer. U izvornoj građi o Inženjerijskoj školi u Beogradu (1846—1849) naišli smo na jednu tabelu iz 1848. godine nepoznatog porekla.<sup>11</sup> Primenom izloženog postupka o fitovanju istorijskih podataka, za podatke iz tabele dobili smo najprihvatljiviji matematički model u obliku:

<sup>10</sup> Za metodu najmanjih kvadrata konsultovati bilo koji tečaj numeričke matematike.

<sup>11</sup> AS, L-209.

A	X
20	4,914
40	6,973
60	8,448
80	9,902
100	11,211

$$X = m A^n,$$

gdje je  $m = 1,07071$  i  $n = 0,50763$ .

Na ovaj način (primenom savremenog računara treće generacije CH-10070) uspjeli smo da dešifrujemo numerički algoritam istorijskih podataka iz 1848. godine, pri čemu veličine  $m$  i  $n$  nazivamo istorijskim parametrima pojave (A, X).

Ovakvo fitovanje izlaznih podataka X donosimo u narednoj tabeli kako bi se imao uvid u tačnost dešifrovanja algoritma tablica iz 1848. godine

1848. godina

Arhiv		Fitovano
A	X	X
20	4,914	4,906
40	6,973	6,966
60	8,448	8,509
80	9,902	9,904
100	11,211	11,193

Znači, napred navedenim postupkom jedino smo identifikovali izomorfni analitički model tablica, dok ostala istorijska značenja tabele iz 1848. godine (autor, oblast, metrološki sistem i dr.) ostaju nepoznata.

Navedimo još jedan primer. Kao što je poznato iz istorije astronomije *Azarkvielov almanah* je rukopis nepoznatog porekla koji pored ostalog, sadrži i numeričke tablice sa približno 15000 planetarnih dužina. Matematičar M. Boutelle, poznati istoričar nauka,<sup>12</sup> primenio je princip matematičkog modelovanja u napred navedenom obliku i fitovanjem skupa parametara A pokazao je i dokazao, da je nepoznati sastavljač ovih starih numeričkih tablica u pomenutom almanahu upotrebio za merne jedinice periode vavilonske godine u saglasnosti sa ptolomejevskim planetarnim sistemom i njegovim skupom metroloških data.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Boutelle, Marion: *The Almanac of Azarquiel*. Centaurus 12, 1967, p. 12.

<sup>13</sup> Mi smo izvršili algoritamsko dešifrovanje dva sistema numeričkih podataka iz farmakologije naše stare medicine. Naša analiza dešifrovanja podataka iz XVII stoleća biće objavljena u časopisu Beogradskog univerziteta »Dijalektika« (1947. g.).



Naše izlaganje problema dešifrovanja istorijskih podataka primenom matematičkog modela i upotrebom savremenog računara, postavili smo po principu analogija između fitovanja eksperimentalno snimljenih podataka jednog fizičkog procesa<sup>14</sup> i istorijskih numeričkih podataka. U oba slučaja dešifrovanje se svodi na identifikaciju skupa parametara reprezentujućeg matematičkog modela sa značenjem analoškog jezgra za ove dve dispartne pojave.<sup>15</sup>

Izložen postupak u dešifrovanju istorijskih numeričkih tablica kada nam je onemogućeno poznavanje unutrašnjeg ustrojstva tih tablica, svakako da se odnosi isključivo na identifikaciju numeričkog algoritma pomoću kojeg su pre više stoleća sastavljene tablice. Međutim, takozvano opšte dešifrovanje (autor, vreme, oblast i drugo) matematika i dalje ostavlja otvorenim pitanjem.

### REKOMPJUTERIZACIJA ISTORIJSKIH PODATAKA

Pod pojmom rekompjuterizacije<sup>16</sup> istorijskih podataka podrazumevamo njihovo ponovno izračunavanje sredstvima savremene računarske tehnike. Ovim postupkom dovode se istorijska istraživanja do potpuno novih uslova za analizu koja se obično zasniva na upoređivanju rezultata koje daje savremen računar i »računar« kojim su tablice urađene.

U istoriji nauka često se nailazi na razne numeričke tablice za koje je poznat analitički oblik tabelarne funkcije ili se pak, taj oblik može lako naslutiti. Na primer, mnoge tablice koje sadrže razne transformovane oblike metroloških jedinica u zavisnosti od perioda i mesta nastanka ili čiste matematičke tablice trigonometrijskih funkcija, astronomske tablice i slično, čine veoma pogodan skup istorijskih informacija za primenu rekompjuterizacije. Neosporno, da u ovakvim slučajevima program za rekompjuterizaciju sadrži algoritam poznatog analitičkog oblika funkcije.

Rekompjuterizacijom istorijskih numeričkih tablica ne samo da se potvrđuje identifikacija funkcije, tj. algoritma na osnovu kojeg je izrađena tablica, već ova rekompjuterizacija omogućava istoriji nauka da prosuđuje o tačnosti sa kojom su urađene originalne tablice. Al-Khvarizmov astronomski priručnik, na primer, sadrži tabelu o mesečevoj udaljenosti koja je prema jednom kairskom rukopisu<sup>17</sup> izračunata pomoću »metoda sinusa«. Prevodilac i komentator ovog poznatog astronomskeg priručnika O. Neugebauer<sup>18</sup> po-

<sup>14</sup> Npr., Bingulac, R. P.: Computer program for fitting experimental data. Matematički vesnik, 7 (22), 1970, 289—299.

<sup>15</sup> Videti: Petrovitč, M.: Le noyan d'analogie. Revue du Mois, Paris, 1919, 119, 475—486.

<sup>16</sup> Izraz preuzet od profesora E. S. Kennedyja.

<sup>17</sup> Timür, Math. 99.

<sup>18</sup> O. Neugebauer: The Astronomical Tables of al-Khwārizmī. Copenhagen, 1961, p. 98.

stavlja tezu da je pomenuta tablica mesečeve udaljenosti dobijena primenom metoda sferne trigonometrije. Znači, postavljen je problem tačnosti mere mesečeve udaljenosti u odnosu na metodu izračunavanja. Ovu polemiku oko identifikacije metode za proračun udaljenosti Meseca rešio je Kenedi odgovarajućom rekompjuterizacijom.<sup>19</sup> Naime, profesor Kenedi je za obe metode sastavio program za izračunavanje Al-Khvarizmve tablice koristeći pri tome mašinski jezik FØRTRAN II. Poređenjem rezultata koje je dala računska mašina sa originalnim al-Khvarizmovim tablicama, dokazano je, bez svake sumnje da je primenjen »metod sinusa« za sastavljanje navedenih tablica u al-Khvarizmovom astronomskom priručniku.

Neosporno da se rekompjuterizacijom mogu da otklone i sve pogreške u originalnom rukopisu numeričkih tablica koje je sastavio ondašnji kalkulator na tada poznatoj računskoj tehnici. Pored ovoga, izlazna informacija iz računara nakon rekompjuterizacije istorijskih tablica omogućuje nam da egzaktno utvrdimo koju vrstu interpolacije-ekstrapolacije sadrže te istorijske tablice. Na primer, da li su tablice rađene »tačku po tačku« ili se koristila neka interpolacija sa gušćom, kontinualnom raspodelom u tabeli.

Imajući u vidu brzinu kalkulacija koje nam pruža savremen računar kao i samu fleksibilnost u izradi raznih subrutina, neosporan je zaključak da se pred istorijom nauka nalazi obiman rad u rekompjuterizaciji istorijskih tablica i opšte pronađenih numeričkih podataka. Znači, nastupilo je vreme kada se više nijedan istorijski istraživački centar ne može da zamisli bez savremenog računara u kompaktnom smislu ili u smislu perifernog povezivanja jednim terminalom za glavni kompjuter u gradu ili zemlji.<sup>20</sup>

Proučavajući numeričko delo Keplera mi smo izvršili rekompjuterizaciju Keplerovih logaritamskih tablica<sup>21</sup> u smislu utvrđivanja eventualne pogrešnosti originalnih tablica usled nerazvijene računске tehnike XVII stoleća, a isto tako i radi provere brzine konvergencije Keplerovog postupka.

U narednom autografu računara CII-10070 donosimo test-program Keplerovih logaritamskih tablica.

Na računaru CII-10070 urađeno je još nekoliko slučajeva rekompjuterizacije iz naše istorije nauka (tablice u fizici Vuka Marinkovića iz 1851. godine, tablice i sve numeričke vrednosti iz Orfelinóvovog kalendara iz 1783. godine itd.), a sve u želji da proverimo na konkretnim slučajevima naš stav o neophodnosti uvođenja računara u istoriji nauka.

Na kraju navedimo Gingerichev rezultat na rekompjuterizaciji Keplerovog numeričkog postupka u određivanju orbite planete Mars.<sup>22</sup>

<sup>19</sup> Navedeno pod 1.

<sup>20</sup> Terminal je sistem-uređaj za daljinsko korišćenje računara.

<sup>21</sup> J. Kepler, Supplementum Chiladis Logarithmorum. Marpurgi, ... 1625.

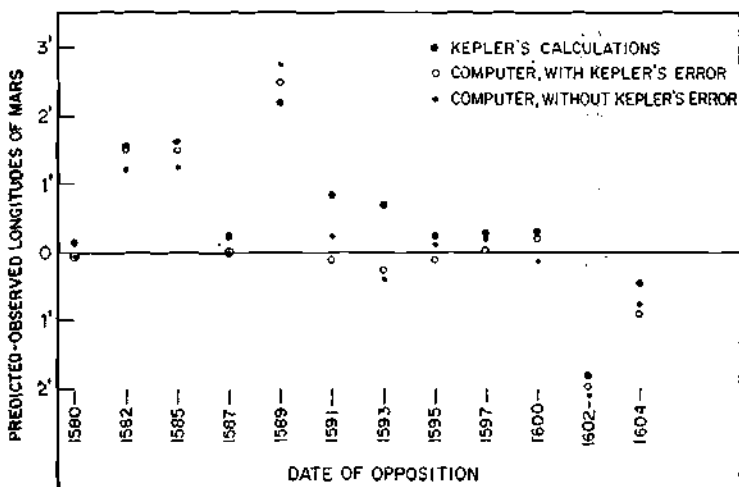
<sup>22</sup> Navedeno pod 2.

```

1:      IMPLICIT REAL*8(A,X,C)
2:      900 F0RMAT(1H1,10X,'ARCUS',10X,'SINUS',10X,'LOGARITAM'//)
3:      901 F0RMAT(9X,F9.7,6X,F9.2,8X,F9.2)
4:      N=4
5:      DO 2 J=1,3
6:      X=10000.
7:      WRITE(108,900)
8:      DO 1 I=1,10
9:      ARCUS=ASIN(X/100000.)
10:     AN=1./(2.**N)
11:     XN=100000.**(X/100000.)**AN
12:     CEP=(100000.-XN)*(2.**N)
13:     WRITE(108,901) ARCUS,X,CEP
14:     1 X=X+10000.
15:     2 N=N+4
16:     STOP
17:     END

```

Sl. 2 — Test-program za Keplerove logaritamske tablice



Sl. 3 — Dijagram rekomputerizacije Keplerovog postupka za planetu Mars.

Naime, Gingerich je na računaru IBM-7094 ispitivao Keplerov iterativni trigonometrijski postupak o fitovanju velikog skupa posmatračkih podataka o orbiti Marsa. Ovaj veoma masivan numerički rad koji je kod Keplera trajao 4 godine, računaska mašina je uradila za svega 8 minuta i pri tome ustanovila sve pogreške i teškoće sa kojima se sretao Kepler. Ustvari, Gingerich je uradio tri vrste programa (vidi sl. 3) i tačno utvrdio u funkciji vremena kretanje greška koje je učinio Kepler. Na sl. 3 donosimo originalan dijagram Gingericha, gde se tačno mogu da utvrde greške Keplera i ispravke koje je učinio računar definisanom rekomputerizacijom.

Pored izloženih principa i određenih primera matematičkog modelovanja i rekomputerizacije u istoriji nauka ima još nekoliko slučajeva primene računara u istoriji nauka. Tako, npr. veoma je značajna primena računara u obradi istorijskih informacija, gde primenom različitih tipova funkcije izbora možemo izvesti unapred postavljeno azbukovanje, odabiranje, sortiranje itd.

**DRAGAN TRIFUNOVIĆ, Beograd**

**DIE VERWENDUNG DER RECHENMASCHINEN  
IN DER GESCHICHTE DER WISSENSCHAFTEN**

In Beziehung auf die Möglichkeiten moderner Digitalmaschinen sind wir der Meinung, daß die Geschichte der Wissenschaften, besonders in unserem Falle die Geschichte der historischen Metrologie in dieser Zeit allgemeiner Computerisation der menschlichen Aktivität nicht zurückbleiben kann. Unsere Tätigkeit soll man als den ersten Versuch der Verwendung der Rechenmaschine in der Geschichte der Wissenschaften bei uns betrachten, wobei diese Methode bei der Erforschung numerischer Tafeln mit metrologischen Inhalt gebraucht wurde.

Als Grundlage unserer Forschungen dienten die Subprogramme historischer Daten der Amerikanischen Universität in Beirut, in dessen Rechenzentrum heute die Computeranwendung am weitesten in der Geschichte der Wissenschaften fortgeschritten ist.