

*Недељко С. Парезановић*

## ИНФОРМАЦИОНА ТЕХНОЛОГИЈА И ФУНДАМЕНТАЛНЕ НАУКЕ

*Крајњи садржај:* У првом делу чланка дати су преглед развоја, садашње стање и перспективе технологија израде и програмирања рачунара. Заједнички задатак ових технологија јесте стварање моћног, кориснику прилагођеног рачунарског система. У другом делу чланка разматра се утицај фундаменталних наука на развој информационих технологија, а нарочито утицај информационих технологија на развој фундаменталних наука.

*Кључне речи:* информациона технологија, рачунарски систем, технологија програмирања, фундаменталне науке.

### 1. - УВОД

Развој људске цивилизације, до пре једног века, карактеристичан је по релативно скромним могућностима чувања, обраде, преноса и презентације информација. Прво писмо створено је пре 5-6 хиљада година, а декадни бројчани систем и алгоритми аритметичких операција пре 1000 година. Стварањем писаног језика омогућено је чување и преношење информација кроз простор и време, а стварањем декадног бројчаног система омогућено је прецизно изражавање о квантитативним својствима у природи. Међутим, стварање алата и оруђа која подржавају писмо и рачунање прилично се споро развијало. Сетимо се неких помагала овакве врсте: папирус, гушчје перо, папир, оловка, прва писаћа машина, механички калкулатор и штампарска машина.

У последњих сто година долази до наглог развоја технологија које знатно унапређују чување, обраду, пренос и приказивање информација. Овде се има у виду појава фотографије, кинематографије, телеграфије, телефона, радија, радара и телевизије. Круна овог развоја се огледа у појави електронских рачунара и њиховом брзом

---

\* Недељко Парезановић, Математички факултет, Београд

развоју за последњих 40 година. Брзо се смењују технологије израде електронских рачунара: електронска цев, транзистор, интегрисана кола (енгл. IC - Integrated Circuit), технологија интеграције велике размере (енгл. LSI - Large-Scale Integration) и интеграције врло велике размере (енгл. VLSI - Very Large-Scale Integration). LSI -технологија омогућава изградњу електронских склопова који садрже до 100.000 транзистора, док VLSI - технологија дозвољава и до неколико стотина хиљада транзистора (1).

Почетком 1993. године појавиће се микропроцесор са око 3 милиона транзистора (INTEL 80586), а најављен је развој микропроцесора са 10 милиона транзистора.

Овакав развој технологије израде електронских рачунара довео је до конструкције брзих, мићних, малих и јефтених рачунара. Свака од ових особина има драгоцено својство у разноврсним применама рачунара. Међутим, на моћ рачунара и њихову улогу у савременом друштву утиче не само технологија израде већ и технологија програмирања. Технологија програмирања обухвата све видове програмске надградње техничких могућности рачунара (системске програме), апликативне програме, као и све методологије пројектовања и израде програма. Заправо, данас, све већи значај добија технологија програмирања, јер из дана у дан расте масовност примене рачунара. Како прихватање рачунара од стране корисника, зависи пре свега од квалитета програма, то је значај технологије програмирања очигледан.

Технологија израде рачунара утиче на техничке карактеристике рачунарског система, као што су брзине извођења аритметичких и логичких операција, капацитет и брзина меморија, брзина реаговања по систему прекида и минијатуризација система. Поред овога, технологија израде односи се на конструкцију улазних и излазних уређаја, који треба да омогуће различите видове уношења и издавања информација.

Технологија програмирања треба да омогући, кориснику, лако и ефикасно коришћење сложене опреме; лаку и пријатну комуникацију са програмом који се извршава; као и писање ефикасних и читљивих апликативних програма. Како су примене, и потребе корисника, разноврсне, технологија програмирања треба да омогући рад са бројевима, текстом, графиком и сигнаlima чија природа може бити разноврсна. То могу бити сигнали који се јављају у разним лабораторијским експериментима, сигнали са живих бића, као што су EKG или EEG сигнали, али такође говорни или музички сигнали.

Ове две технологије се преплићу и имају заједнички циљ да остваре рачунарски систем који ће бити удобан за све кориснике: научнике, инжењере, пројектанте, уметнике, професоре и студенте. Дакле, за

све оне који имају потребе да рачунају, решавају сложене математичке проблеме, уређују и штампају текст, претражују велике количине података, обликују разноврсне техничке или уметничке цртеже, експериментишу са звуком и многе друге активности, које су ограничене првенствено нашим идејама, а не могућностима рачунара. Овоме треба додати да ће мреже рачунара омогућити и нови, много ефикаснији, вид комуникације међу људима. Многа знања, организована и чувана у разноврсним базама података, биће на располагању великом броју људи, захваљујући мрежама рачунара.

Озбиљна кочница да велики број људи користи све предности и могућности које нуди савремена информациона технологија јесте њихово недовољно познавање ове области. Из овог разлога друштво које рачуна на развој науке, привреде и јавних служби мора обезбедити одговарајуће место информационим наукама у образовном систему.

## 2. - ТЕХНОЛОГИЈА ИЗРАДЕ РАЧУНАРА

Основни задатак технологије израде рачунара јесте изградња рачунарских система високих техничких перформанси. Ове перформансе се односе на брзину електронских кола, капацитет и брзину меморијских медијума, физичку минимизацију уређаја, као и изградњу уређаја за погодан уношење и издавање информација. Приказаћемо, укратко, развој, садашње стање и перспективе технологије израде рачунара.

### 2.1. - Аутоматизација аритметичких операција

Први напори ка механизацији аритметичких операција почињу са француским филозофом и математичарем Б. Паскалом (Blaise Pascal, 1623-1662), који 1642. године конструише механички калкулатор за сабирање бројева. Поменимо да су и други познати математичари радили на конструкцији механичких калкулатора, као што је Лајбниц (Leibniz, 1649-1716). Ови напори доводе до конструкције механичких калкулатора са све четири аритметичке операције, за које се, почетком овог века, организује и индустријска производња. Калкулатори су се могли видети на тржишту све до пре десетак година, а сада су потпуно потиснути електронским калкулаторима знатно већих могућности и знатно ниже цене.

### 2.2. - Аутоматизација процеса рачунања

Конструкцијом калкулатора решен је проблем аутоматског извршавања појединих аритметичких операција. Међутим, када ће коју операцију извршити калкулатор, то одлучује човек, притиском на одговарајући тастер калкулатора. За аутоматизацију поступка решавања нумеричких проблема, неопходно је да човек може цео

поступак рачунања да препусти машини. Дакле, по извођењу једне аритметичке операције, машина, без интервенције човека, прелази на следећу аритметичку операцију итд. до завршетка целог поступка за решавање одређеног задатка.

За конструкцију оваквих машина, посебно место, свакако, припада професору математике Кембричког универзитета Чарлсу Бебицу (Charles Babbage 1791-1871), који 1812. године конструише рачунску машину за израчунавање вредности полинома другог степена. Овај страстан проналазач израдио је и пројекат рачунске машине за израчунавање вредности полинома шестог степена. Међутим, тадашња механичка технологија израде није омогућила да ова машина и проради. Велика заслуга Бебица јесте у идеји за механизацију рачунског процеса, а не само појединих аритметичких операција.

Дакле, за развој рачунара неопходна је била технологија која ће омогућити конструкцију машине са великим бројем компоненти, а при томе обезбедити и велике брзине рада. Овакве могућности нуди електронска технологија. Први универзални електронски рачунар ENIAC (енгл. Electronic Numerical Integrator and Calculator) конструисан је 1943. а завршен 1946. године у САД. Ова машина је имала око 18.000 електронских цеви. Био је то весник ере електронских рачунара и почетак трке за све бржим рачунарима. Основни концепт ових рачунара, често названих фон Нојманове машине, састоји се у следећем:

- програм и подаци се налазе у унутрашњој меморији рачунара,
- процесор комуницира са меморијом и добија једну по једну инструкцију, односно податак.

На овај начин, уско грло у протоку информација јавља се комуникациони канал између унутрашње меморије и процесора. Инструкције програма се извршавају секвенцијално - једна по једна. Тако, велика брзина коју може да омогући савремена електронска технологија бива ограничена организацијом рачунара. Даљи напори на повећању брзине рачунара могу дати резултате само новим организацијама рачунара.

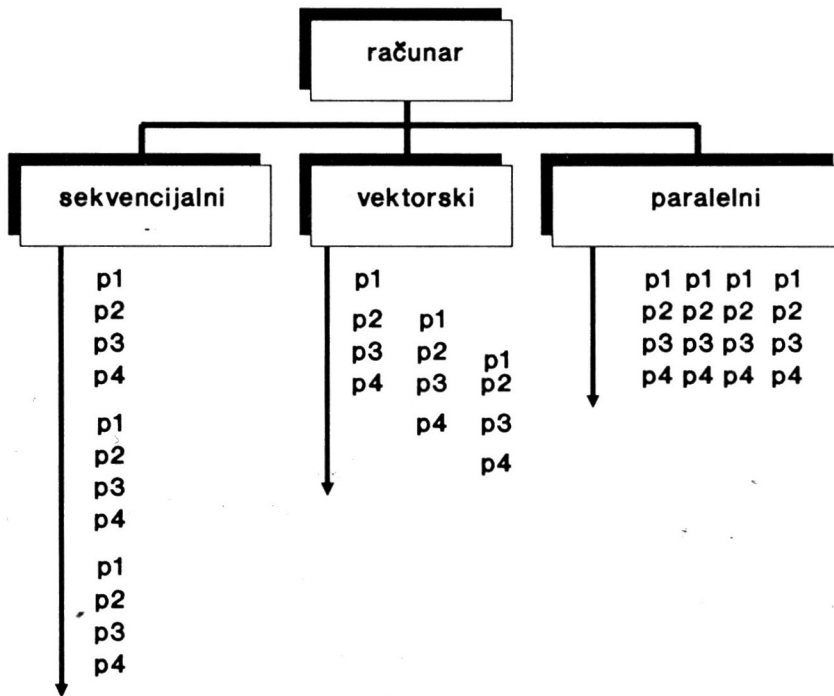
### 2.3. - Векторски и паралелни рачунари

Нове организације рачунара се, у основи, свде на векторске и паралелне рачунаре. Ови рачунари су познати као суперрачунари. Код векторских рачунара временски најдуже операције, као што су операције у покретном зарезу, разлажу се на подоперације. Тако се операција у покретном зарезу може разложити на четири подоперације:



- p1 - раздвајање мантисе и експонента,  
 p2 - припрема мантиса и ексонената за извођење аритметичких операција,  
 p3 - извођење аритметичких операција над мантисама и експонентима,  
 p4 - нормализација мантисе резултата и његово формирање у облик покретног зареза.

На Слици 2.1 приказане су аритметичке операције у покретном зарезу над три пара бројева, и то за случај секвенцијалног, векторског



Сл. 2.2 - Ток операције у покретном зарезу

и паралелног рачунара. Ако свака подоперација захтева време  $t$ , тада ће у случају секвенцијалног рачунара, за три операције, бити потребно време  $4 \times 3 \times t = 12t$ . У случају векторског рачунара, исте подоперације се паралелно одвијају за различите парове бројева, па је потребно време  $6t$ . И коначно, у случају паралелног рачунара, све операције се изводе паралелно, па је потребно време  $4t$ . Као што се види, векторски, а нарочито паралелни рачунари, могу знатно повећати брзину рачунања. Тако се векторским рачунарима постижу

брзине од неколико стотина милиона операција у секунди, што је посебно корисно у проблемима који садрже матрична израчунавања [2].

Данас је нарочито значајна паралелност у организацији рачунара. Користећи паралелну организацију, а то значи рачунар са већим бројем процесора, очекују се знатно веће брзине рачунара. У табели 2. 1 приказане су брзине неких суперрачунара [3,4]. Са гледишта нумеричких израчунавања то су такве брзине да би се могло поставити

Рачунар	Godina	min Mflops	max cMflops
CRAY 1	1976	30	160
CRAY X-MP	1983	60	700
Hitachi S810	1984	30	900
CRAY 2	1985	120	2.000
ETA/GF10	1987	200	10.000
CRAY 3	1988	?	16.000
ETA/GF30	1991	3.000	30.000

Табела 2.1. - Брзине суперрачунара

питање: Да ли су уопште потребне веће брзине рачунања? Међутим, многи проблеми са парцијалним диференцијалним једначинама и графичким приказивањем на екрану захтевају велике брзине рачунања. Ово ћемо илустровати једним примером. Нека екран садржи 1000 x 1000 тачака. Да бисмо обезбедили кретање објеката на екрану, неопходно је, за трансформацију једне тачке, извршити око 25 операција у покретном зарезу. За добру анимацију неопходно је произвести најмање 25 слика у секунди, што све укупно захтева брзину од 25 x 25 x 1000 x 1000, тј. 625 милиона операција у секунди. Закључак је да су нам потребни рачунари бржи него што су то ови којима данас располажемо.

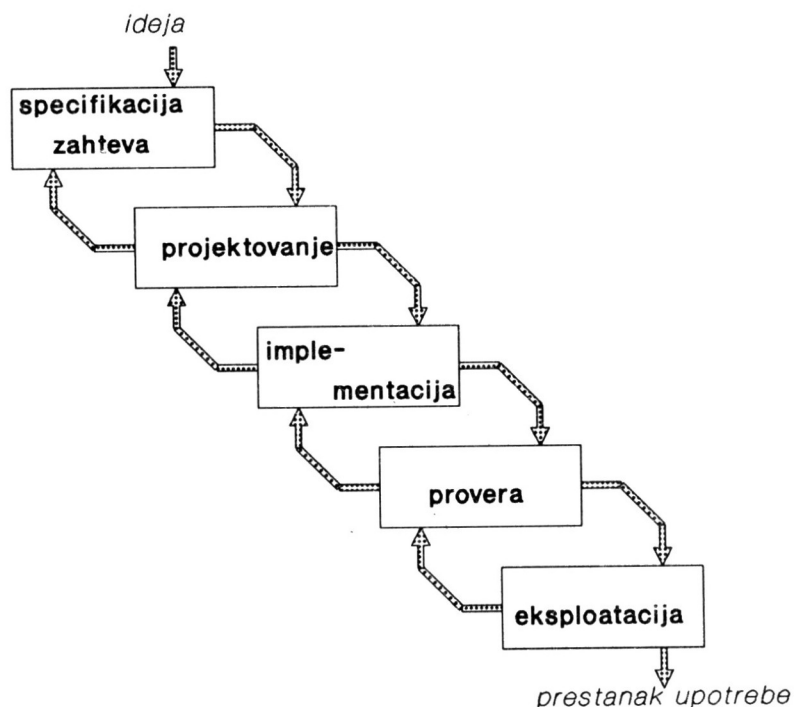
#### 2.4. - Меморијски медијуми

Развој меморијских медијума има пресудан утицај на многе примене рачунара. Код ових уређаја су посебно значајне карактеристике: капацитет и време прилаза. Техничко-економски услови диктирају да су брзе меморије по правилу малог капацитета, тако да су меморије

великог капацитета релативно споре. Повећање брзине рада рачунара са релативно брзим меморијама великог капацитета донеће нове могућности будући рачунарима. У овом смислу је вредно истаћи оптички диск као меморијски медијум. То је медијум који достиже капацитет од неколико десетина гига бајтова (GB), са перспективом повећања на капацитет од неколико тера бајтова (TB). На оваквом медијуму могу се чувати различити облици података: бројеви, текст, графика, аудио и видео записи, са могућношћу њиховог интерактивног коришћења. Масовна примена оваквих медијума, са прихватљиво ниском ценом, очекује се до 1995. године.

### 3. - ТЕХНОЛОГИЈА ПРОГРАМИРАЊА

Технологија програмирања обухвата сва знања, вештине и алате који се могу користити у свим етапама развоја, израде и експлоатације програма [5]. Све ове етапе чине тзв. животи циклус програма (Сл. 3.1). Од идеје за развој програма до престанка употребе програма,



Сл. 3.1. - Животини циклус програма

развој и израда програма пролази кроз више етапа, које се могу свести на следеће:

- спецификације захтева,
- пројектовање програма,
- имплементација програма,
- провера програма и
- експлоатација програма.

Спецификацијом захтева почиње свака израда програма. Ова етапа рада битно утиче на све друге етапе и често је пресудна за успешну израду програма. Захтеви се најчешће изражавају на природном језику. Како природни језик омогућава и непрецизности у израчавању, тако описани захтеви могу довести до многих неспоразума између наручиоца и пројектаната програма. Једно решење овог проблема јесте формалан опис захтева. Формалан опис захтева, поред тога што би омогућио прецизан опис захтева, омогућио би и даљи формалан развој програма. Међутим, данас не постоји формалан и универзалан опис захтева, а тешко се може и рачунати на то, с обзиром да би формални описи били тешко прихватљиви за шири круг људи. Тако се може рачунати само на делимично формализоване описе захтева. Један такав опис се може остварити коришћењем табела одлучивања. У таквим табелама се наводе активности које треба остварити програмом и услови под којима се те активности активирају.

Пројектовање програма, на основу специфицираних захтева, дели се на две подетапе: грубо и фино пројектовање. У овој етапи је неопходно решити све проблеме, тако да се може приступити следећој етапи - имплементацији програма. Зато се израда програма мора спровести систематично и документовано.

Имплементација програма подразумева запис програма на неком формалном језику који ће бити прихватљив за одговарајући језички процесор на рачунару, који ће произвести извршни програм за рачунар. За ово програмерима стоје на располагању:

- програмски језици и
- програмски алати.

Програмски језици се развијају од 1954. године, а основна обележја савремених процедуралних језика огледају се кроз следећа својства:

- азбука језика се заснива на знацима природних језика (углавном енглеског, а остаје проблем националних знакова),
- типизација података (све чешће строга типизација),
- структуре података (све чешће апстрактне),
- програмске структуре (рекурзивни позив потпрограма),

- објектна оријентисаност и
- паралелност.

Посебно треба нагласити значај програмских алата којима се значајно подиже продуктивност програмера. У наредним годинама треба очекивати даље усавршавање програмских алата и њихову интеграцију у програмске језике.

Провера програма представља значајну етапу у изради програма. У овој етапи треба решити два значајна проблема: показати да програм решава жељени проблем, али и да има задовољавајуће карактеристике. И један и други проблем није једноставан. Први је практично нерешив, једноставно зато што све технике тестирања програма могу доказати само неисправност програма, али не и његову исправност. Проблем теоријског доказа коректности програма остаје практично отворен, и поред извесних теоријских резултата у овом смислу. Други проблем обухвата техничке карактеристике програма, као што су брзина извршавања и потребан меморијски простор, али и проблем удобности комуникације корисника са програмом.

Резултат свих претходних етапа рада мора бити програмски производ који се може испоручити крајњем кориснику. Корисник мора уз програм располагати добром документацијом о програму која ће му обезбедити лаку експлоатацију програма.

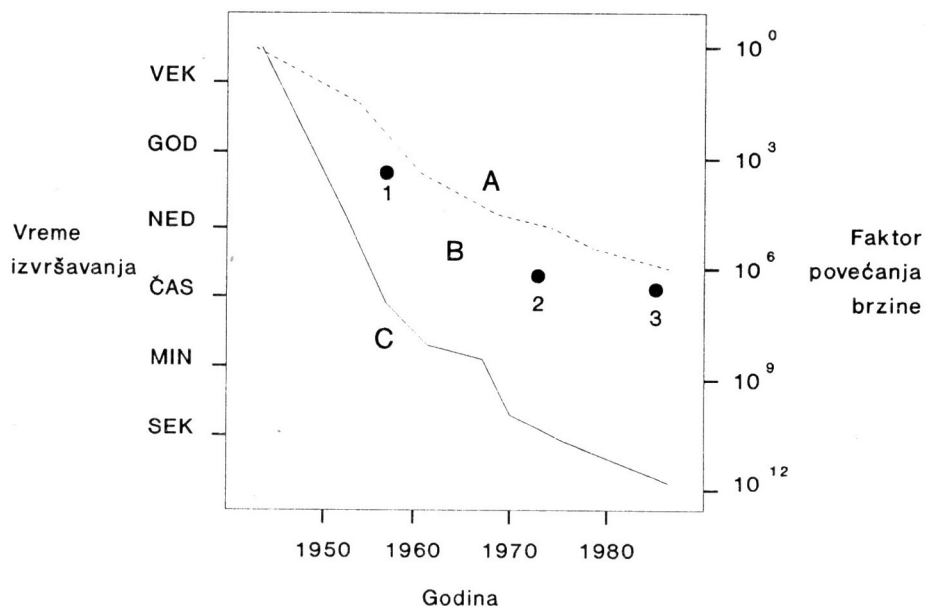
#### 4. - ИНФОРМАЦИОНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ И ФУНДАМЕНТАЛНЕ НАУКЕ

Везе информационих технологија и фундаменталних наука су тесне и обостране. С једне стране, технологија израде рачунара заснива се на врхунским резултатима електронске, магнетске, оптичке и механичке технологије. Напредак у овим технологијама не може се замислити без адекватних научних резултата у одговарајућим областима физике и хемије. Технологија програмирања заснива се на одговарајућим математичким резултатима и методама. Тако се фундаменталне природе науке и математика јављају као основа на којој се развијају информационе науке.

С друге стране, овај дуг фундаменталним наукама информационона технологија враћа вишеструко. Од увек су фундаменталне науке имале два ослоња: теорију и експеримент. Теоријска истраживања користе математички апарат и анализа математичких модела јавља се као незаобилазна потреба. Захваљујући рачунарима, данашњи истраживачи могу успешно анализирати врло сложене математичке моделе детерминистичког, статистичког и стохастичког типа. Дакле, данас истраживачи морају бити способни да што верније математички опишу појаву или објекат који је предмет изучавања, без обзира на сложеност математичког модела. Ово битно мења однос истраживача

према математичком моделирању, јер је овај однос без рачунара битно другачији. Пре појаве рачунара, напори истраживача да верно математички опишу свој предмет истраживања, пропадали су на покушајима решавања сложених математичких модела. За илустрацију овога наведимо да методе коначних елемената захтевају решавање система линеарних алгебарских једначина са више хиљада непознатих, што се данас успешно решава.

Методе нумеричког решавања парцијалних диференцијалних једначина су толико усавршене да, у неким случајевима, доприносе брзини решавања задатака на рачунарима колико и сав напредак технологије (11). Ово најбоље илуструје графикон на Сл. 4.1, где је приказан развој метода решавања и технологије на време извршавања програма у случају Poisson - ове једначине. Линија А се односи на утицај технологије, линија В на утицај нумеричких метода, а линија С показује сумарни ефекат. Тачка 1 на линији В се односи на метод коначних разлика са тракастом матрицом, тачка 2 на метод коначних разлика са узастопним надрелаксацијама и тачка 3 на метод коначних елемената са вишеструком мрежом. Види се да проблем за чије је решавање крајем четрдесетих година требао један век, данас се решава за једну секунду!



Сл. 4.1. - Повећање брзине решавања Poisson-ове једначине

И други ослонац науке - експеримент знатно је ојачан од када је присутан рачунар у експерименту. Овде се рачунар користи за прикупљање експерименталних података, њихову обраду и приказивање у облику погодном за експериментатора. Свакако, посебно треба истаћи примену рачунара у управљању експериментом. Рачунар омогућава експериментатору да контролише врло брзе и врло споре појаве. Време реакције рачунара, на спољне или унутрашње догађаје, креће се у микросекундском подручју. Експериментатору се пружају могућности извођења различитих експеримената подржаних од стране рачунара. То могу бити полуаутоматизовани или потпуноаутоматизовани експерименти [6].

Информациона технологија је фундаменталним наукама донела и трећи ослонац, познат под називом виртуелни експеримент. Коришћењем метода моделирања и симулације могу се научни експерименти у потпуности планирати и изводити на рачунару. Пример овога је синтеза сложених молекула у хемији.

Три наведене примене рачунара у фундаменталним наукама представљају, данас, класичну примену рачунара у науци. Наравно, много шта ће се и даље у овим применама развијати и усавршавати. Овде није могуће навести све што данас у области рачунарства представља истраживање које ће у даљој или ближој будућности дати широко употребљиве резултате. Овде мислимо на теме из области вештачке интелигенције, као што су: разумевање природног језика, рачунарско виђење, машинско учење и сл. [7]. Међутим, ми желимо да истакнемо неке правце у савременом рачунарству, који већ сада мењају приступе у коришћењу рачунара у многим делатностима, па и у науци, а убудуће, по нашој оцени, битно ће променити свет науке, па и шире.

#### *4.1. - Симболичка израчунавања*

Навикнути смо да размишљамо о рачунару као машини која аутоматизује процес рачунања. Отуда је и велики нагласак на нумеричке методе за решавање различитих математичких проблема. Међутим, у неким применама рачунара могу бити од интереса аналитичка решења проблема. Ово се може остварити на рачунару на сличан начин као и нумеричка израчунавања. Заправо, рачунар је машина у којој се лако остварују различите манипулације над симболима, исто тако као што се лако обављају аритметичке операције. Долазак до аналитичког решења проблема захтева низ симболичких манипулација над нискама симбола којима се описује проблем чије се решење тражи. Једноставни примери су аналитичка диференцирања и интегрирања у односу на нумеричка извођења ових операција. Почетна ниска симбола дефинише функцију која се жели

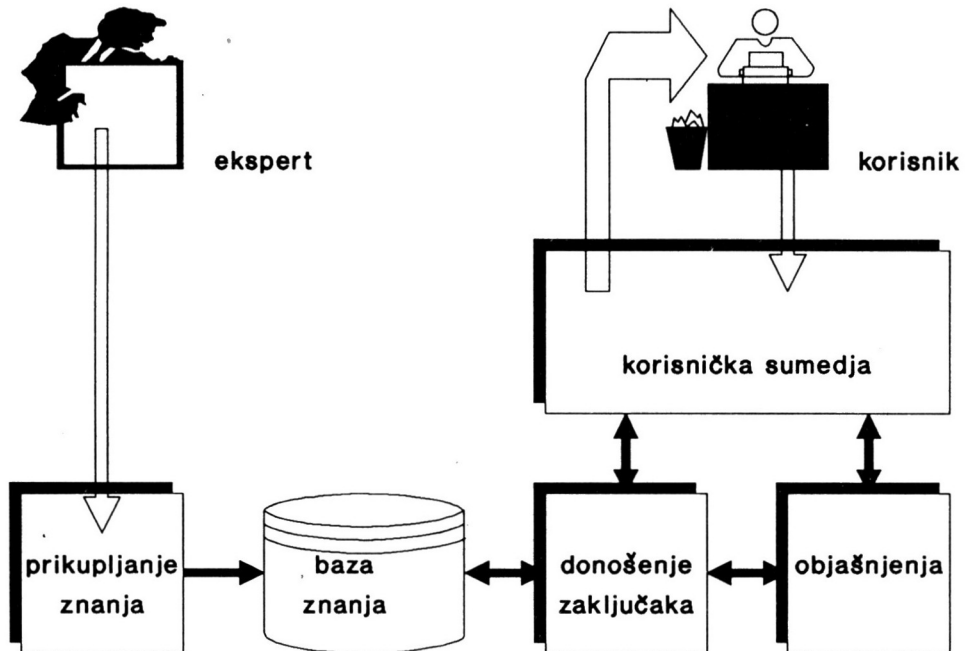


диференцирати или интегрирати. Поштујући правила аналитичког диференцирања, односно интегрисања, почетну ниску трансформирамо тако да добијемо тражени резултат. Символичка израчунавања налазе значајну примену не само у налажењу аналитичких решења математичких проблема већ и у другим применама, као што су докази математичких теорема, аутоматско резонување и сл.

#### *4.2. - Базе знања и резонување*

Велике количине података организоване у циљу претраживања по захтевима корисника познате су под називом базе података. Рад са базама података користи се у многим применама рачунара, као што су разне евиденције у јавним управама, банкама, привредним организацијама и сл. Насупрот овој, већ класичној организацији података, стоји, данас све више у примени, организација база знања. Под базом знања се подразумева скуп чињеница и релација међу њима, са могућношћу претраживања у циљу доношења одређених закључака. Базе знања се организују за одређене области примене, као што су медицинска дијагностика, откривање кварова сложених техничких система, анализа инвестиција и сл. Програмски системи изграђени у циљу организације база знања и њихове експлоатације од стране корисника познати су као експертни системи [8]. Назив долази од очигледне жеље да се створе системи способни да у одређеној области примене - домену - доносе компетентне стручне одлуке, које иначе доносе људи експерти за дотичну област. Експертни систем треба да омогући прикупљање знања, репрезентацију знања у базама знања, доношење одлука, објашњење донетих одлука и комуникацију корисника са системом (Сл. 4.2.). Подсистем за прикупљање знања треба да омогући да човек - експерт - има могућност да употпуњује базу знања. За корисника експертног система мора бити изграђен посебан подсистем -корисничка сумеђа, који ће омогућити једноставну и удобну комуникацију корисника са системом. Посебно значајна могућност експертних система јесте објашњење закључка које систем донесе. На овај начин експертни систем се јавља као моћно средство за консултовање од стране корисника при доношењу важних одлука из домена система. Објашњења која даје систем омогућавају кориснику проверу тога логичког закључивања резона, у доношењу одређене одлуке. На овај начин, експертни системи добијају значајну образовну улогу. Наравно, не би смело да се заборави да експертни систем граде људи, и то техникама за које ми немамо гаранцију да је систем апсолутно добар. Заправо, ми можемо само експериментално проверити ваљаност експертног система, па, према томе, апсолутно ослањање на одлуке експертног система представља неопростиву грешку. Међутим, не

могу се оспорити предности које овакав систем нуди корисницима у процесу доношења сложених одлука.

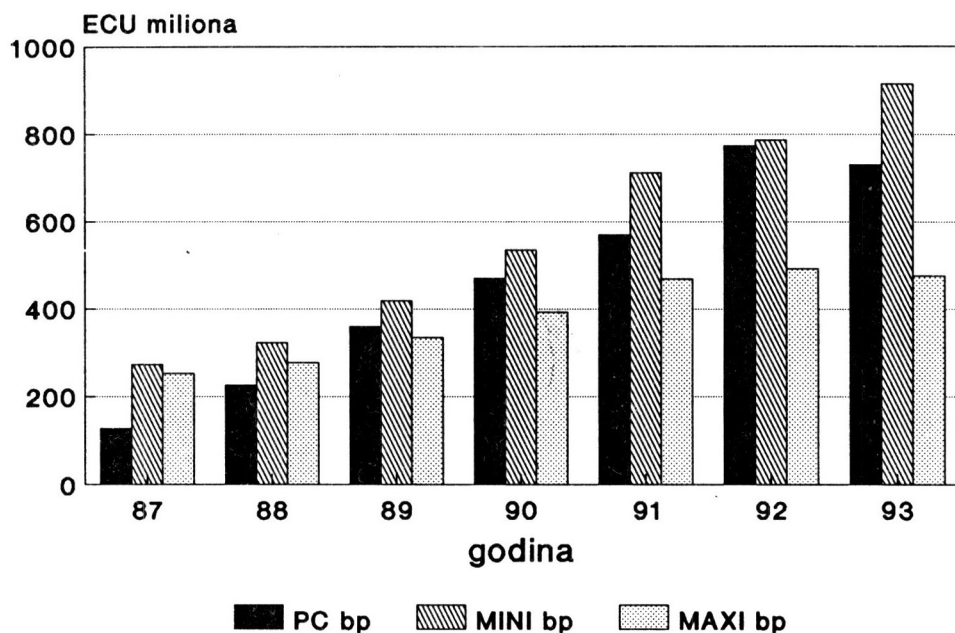


Сл. 4.2. - Експертни систем

#### 4.3. - Рачуарска комуникација

Појава микрорачунара знатно је повећала број корисника рачунара. Тако се почетком осамдесетих година осетила озбиљна потреба да се велики број рачунара међусобно повеже и омогући корисницима различите видове комуникација, као што су размене порука или коришћење различитих рачунарских ресурса. Од 1981. године почиње развој рачуарске мреже на Градском универзитету у Њујорку (City University of New York) назване BITNET: У прве две године укључен је 21 универзитет у мрежу са 65 рачунарских система. У марту 1988. године ова мрежа је повезивала 1363 рачунарска система.

Средином осамдесетих година оснива се већи број националних рачунарских мрежа. У Европи почиње развој мреже EARN (енгл. European Academic and Research Network) под покровитељством фирме IBM [9]. То је рачунарска мрежа опште намене установљена између универзитета и истраживачких институција у Европи, са циљем да омогући и унапреди све врсте комуникација међу научницима. Ова мрежа повезује око 650 рачунарских система у 20 европских земаља. Од почетка 1989. године, захваљујући сарадницима Природно-математичког факултета и Републичког статистичког завода СР Србије у Београду, Југославија је укључена у ову мрежу. Број корисника мреже из дана у дан расте.



Сл. 4.3 - Базе података у Западној Европи

Рачунарске мреже ће знатно унапредити комуникацију међу људима свих струка. Навешћемо неке битне предности рачунарских мрежа у односу на друге могућности комуникација:

- размјењивање порука међу корисницима мреже, познато под називом електронска пошта. Корисници могу размењивати кратке поруке, али и разне извештаје, радове и друге резултате рада на истраживачким пројектима, као и рачунарске програме. Комуникација се може остварити интерактивно или неинтерактивно. У првом

случају корисници су за време комуникације за својим терминалима и непосредно шаљу и примају поруке. У другом случају поруке се чувају у рачунарском систему корисника, а користе се по жељи корисника;

- приступ удаљеним рачунарским ресурсима. Ова могућност је посебно интересантна за кориснике који не располажу у својим истраживачким организацијама великим рачунарима - суперрачунарима, а имају потребе за њиховим коришћењем;

- коришћење различитих база података, које су на располагању корисницима мреже. На Сл. 4.3. приказан је хистограм извршених и предвиђених улагања у развој база података у Западној Европи [10]. Израда база података биће важна национална обавеза, ако се жели присуство нације у светској размени информација различите природе;

- формирање интересних група, омогућава организовање корисника према одређеним интересовањима. На овај начин корисник може на лак начин истаћи своје интересовање и „окупити” људе заинтересоване за размену мисли на одређену тему.

Поменули смо неке видове комуникација присутне у данашњим рачунарским мрежама. Међутим, нема сумње да је ово вид комуникације који доноси нови квалитет у комуникацији међу људима широм Земљине кугле и који ће се даље унапређивати и усавршавати.

#### 4. 4. - Интерактивни мултимедијски системи

Рачунар може радити са различитим врстама података. То могу бити подаци у облику текста, бројева, графике или звука. Захваљујући новим меморијским медијумима огромног капацитета, какве су оптичке меморије, сви ови облици података постају прихватљиви за рачунар. Оно што је посебно интересантно јесте могућност интерактивног коришћења свих поменutih облика изражавања. За овакав облик изражавања скoван је и нови термин - хипертекст. У многим областима примена рачунара постаће удобнија, лакша и интересантнија, што ће, поред осталог, донети људима и нове изражајне могућности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Mead C., Conway L. *Introduction to VLSI Systems*, Addison Wesley, 1980.
2. Fountain T., *Processor Arrays, Architecture and Applications*, Academic Press, 1987.
3. Frenbach S., *Supercomputers: Past, present and prospects, J. of Future Generation Computer Systems*, North-Holland, vol. 1, 1984.

4. Wah B., Li G. (eds), *Computers for Artificial Intelligence Applications*, IEEE Computer Society Press, March 1986.
5. Kruse, *Data Structures and Program Design*, Prentice Hall, 1989.
6. Oppenheim A., Schafer R., *Digital Signal Processing*. Prentice - Hall, 1975.
7. Winston P.H. *Artificial Intelligence*, Addison-Wesley Pub. Com., London, 1984.
8. Parsaye K., Chignell M. *Expert Systems for Experts*, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1988.
9. Schmied H.F., *EARN und seine Anwendungne 1984 - 1987*. Weltweite Datenkommunikation fuer Wissenschaft und Forschung, EARN/IBM, 1988.
10. *Database Market Forecasts, Software Europe*, September 1989.
11. *Communication of the ACM*, Nov. 1984.

*Abstract:* The first part of this review paper presents the state of art in the computer and programming tehnologies. The common task of these tehnologies is to make computer systems powerfull and to produce the user frendly programs. The second part of this paper considers the impact of science on the development of the infomration tehnology and, more specifically the impact that information tehnology itself has on the development of science.

*Key words:* information tehnology, computer system, programming tehnology, science.

*Nedeljko S. Parezanović*

## INFORMATION TECHNOLOGY AND FUNDAMENTAL SCIENCES

### Summary

This paper reviews the development of information technologies, both from the view of the computer production and from the view of programming. The technology of computer production includes different types of computers, from single-user microcomputers to multi-user supercomputers. This technology is especially characterized by speed and memory capacity. These characteristics cannot be further improved without corresponding improvements in the fields upon which information technology rests. Such fields are electronics, magnetics, optics, mechanics and, for future computers, even biology.

The technology of programming provides different techniques that make the production of programmes easier, more efficient and reliable. This technology relies to a great extent on results in mathematics, linguistics and psychology. New programming techniques should support the production of more intelligent programmes that will improve and support the user's operations that require intellectual activities and not only routine performance of a series of operations.

Therefore, fundamental sciences contribute to the improvement of information technologies, and information technologies contribute to the development of fundamental sciences, both in their theoretical and experimental research. Beside theory and experiments, modern science acquires the third support - a virtual experiment. Information technology offers science different approaches to collection, processing and presentation of data. Data processing methods can be either algorithmic or heuristic. Lately, there has been a great interest in the heuristic approach to the problem solving. These methods are used to successfully solve many problems which can not otherwise be solved, or at least not as efficiently, by using algorithmic methods.

