

Dr. Metoděj K. Chytil, CSc

Matematické středisko biologických ústavů ČSAV, Praha

## FORMY A STUPNĚ UŽIVATELSKÉ PODPORY PŘI STROJOVÉM ŘEŠENÍ KOGNITIVNÍCH PROBLÉMŮ

Budeme se zabývat některými vyššími formami užívání počítačů. Počítače budeme přitom chápat jako umělé zařízení, sloužící k usnadnění, podpoře nebo dokonce umožnění řešení uživatelských problémů. Přihlédneme k tomu, že počítače mohou být považovány za součást jiných systémů, které takové řešení realizují, a k tomu, že úroveň řešených problémů podstatně stoupne, jsou-li uvažované systémy schopny zpracovávat kromě rutinních, tj. algoritmisovatelných postupů také kreativní. Takový požadavek se nutně odrazí v revizi dosavadních nároků na procesor. Pojem procesoru musíme v těchto souvislostech chápat obecněji než je zvykem, tj. než jako pouhou část hardware počítače. Za procesor budeme proto považovat cokoli, co je schopno realizovat nějaké operace s koncepty, resp. jednat určitým způsobem v kontextu nějakého systému. Rolí procesorů můžeme tudíž v rámci dále studovaných systémů s výhodou pověřovat i samotného člověka. Označíme ho člověk-procesor. Jeho úloha bude spočívat ve zpracování kreativních procedur nějakého procesu, zatímco stroji zůstanou algoritmické (v autonomním nebo symbiotním režimu) [Firschein et al. 1973]. Podobné systémy jsou srovnatelné se systémy vybavenými umělým intelektem. Bude však ukázáno, že první druh klade na svou konstrukci menší nároky než druhý. Další jeho výhodou je to, že je použitelný v těch případech, kdy vytvoření umělého intelektu je obtížné nebo není možné.

Ve snaze postihnout míru vyspělosti formy užívání počítačů vyjdeme ze shora uvedeného předpokladu. Míru vyspělosti vyjádříme mírou podpory, kterou výpočetní systém řešení problému poskytuje. Nejjednodušší formou bude zřejmě pouhé automatizované provádění nějakých výpočtů, nejvyšší pak celkové vyřešení určitých druhů problémů. Při rozlišování čtyř základních forem zdůrazníme takovou z nich, kdy řešení zajišťuje zainená interakce "člověk - stroj".

Důležité ohraničení naší úvahy je dáno poselás i tím, že uvažujeme jen tzv. kognitivní problémy. Jsou to takové, jejichž vyřešení představuje nějaké nové poznání, lhostejno, zda partikulární či obecné, a lhostejno, k jakému účelu se pořizuje. Na vysvětlenou uvedme, že nekognitivní problémy nemají za cíl poznání, ale nějakou fyzickou změnu, např. přehrazení řeky, odstartování letadla, výrobu léku. K jejich řešení jsou potřeba ovšem také určité vědomosti, ale zejména empirické nebo fyzické operace. V kognitivních problémech se naproti tomu žádné empirické operace nevyskytují (pokud nepočítáme pomocné operace v rámci automatického zpracování). V dále diskutovaných formách neuvažujeme dokonce ani nějaké operace nebo jiné, kterými pořizujeme data, protože jsou také empirické. Operace, které je systém schopen zpracovat, mají výhradně konceptuální charakter, to znamená, že do nich vstupují jen koncepty nějakých reálných objektů, reprezentované vhodnými jazykovými výrazy [cf. Bunge 1967].

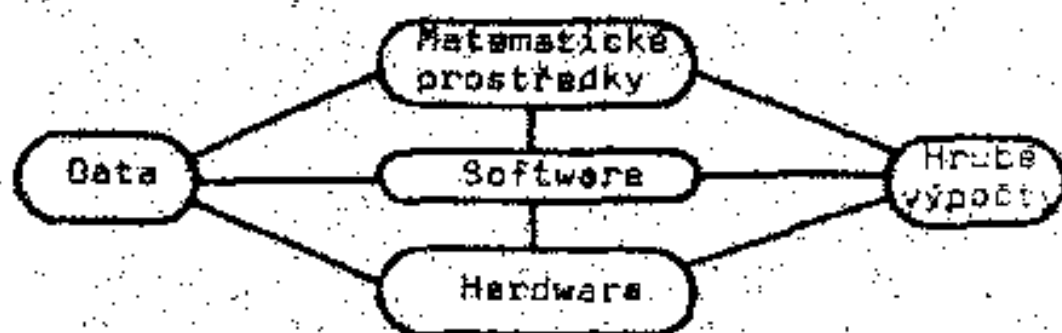
#### FORMA I. - automatizované výpočty.

Za výchozí a nejjednodušší formu užívání počítačů budeme považovat takevou, která se omezuje jen na zajištění vlastních procedur podle programů na nějakých datech. Ta ovšem sama o sobě může být různě vyspělá. Škruba řečeno, od užívání jednotlivých programů až po budování efektivních programových, pokud možno interaktivních systémů. Nicméně ani nejvyspělejší programové systémy nejsou konstruovány k tomu, aby vyřešily určité problémy, ale k tomu,

aby poskytly pouhou podporu jejich řešení [cf. Hultsch et al. 1978]. Takové programové systémy lze charakterizovat zhruba těmito znaky:

- a) koncentruje zpravidla nejdůležitější programy z nějaké oblasti,
- b) umožňuje užívat programy v jednoduše vytvořitelných sekvencích,
- c) přístup k programům je možný v jazyku o jednu úroveň nižším (jednodušším),
- d) systém zahrnuje jen algoritmizovatelné procedury,
- e) jako procesor se ožívá běžně dostupný hardware,
- f) uživatel má k dispozici sebor určitých volných pravidel popisujících způsob jeho užívání,
- g) třída problémů, které mají být jeho pomocí řešeny, je vymezena jen neurčitě a nezávazně (např. "problémy stochastického charakteru", "problémy z oblasti hromadných dat", "problémy z psychologie" atd.),
- h) je možný (zpravidla) bezprostřední dialog uživatele se strojem.

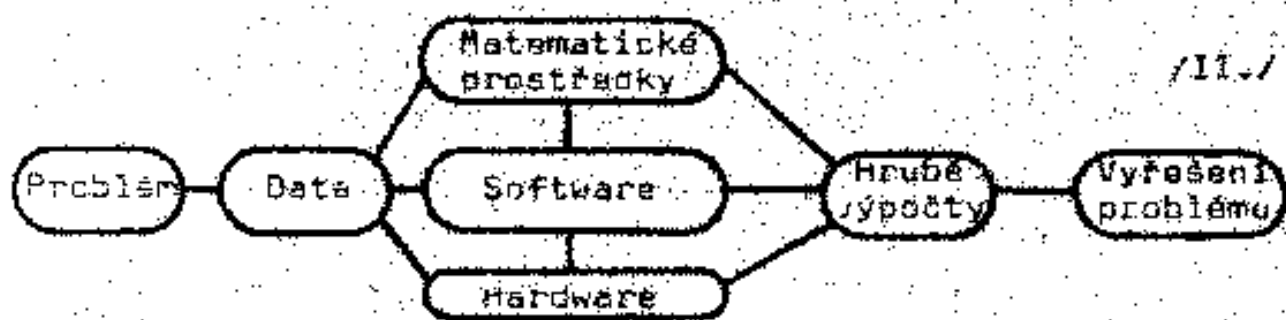
Ač je forma I. sebelépe interně vybavena, začíná vždy teprve převzetím nějakých dat a po jejich přímém automatickém zpracování, které probíhá v soulase s nějakými algoritmy a končí již předáním hrubých výpočtových výsledků.  
Schematické znázornění:



Forma I. tedy neobsahuje ani žádné procedury, které by zkoumaly správnost, relevantnost, redundantnost atd. dat, a ani žádné procedury, které by pečovaly o význam výpočtů v kontextu problému nebo procedury, řídicí celkové řešení problému. O datech a o získaných výsledcích se pouze předpokládá, že takové podmínky splňují, a veškeré úsilí je věnováno zajištění vlastního výpočtového procesu. Forma I. je typická pro profesionální výpočetní střediska.

FORMA II. - spontánní řešení problémů pomocí počítačů.

Ve srovnání s předcházející začíná již formulací problému a zahrnuje i spontánní (tj. nemetodickou) péči o jeho řešení prostřednictvím dat, vhodné matematické metody, softwaru a počítače a končí procedurami, které zkoumají význam hrubých výpočtů a jejich relevanci k řešení problému natolik, že se získá vyřešení daného problému. Proces probíhá zpravidla iterovaně. Jednotlivé prostředky však nevytvářejí pevný systém, jsou spíše volně k dispozici řešiteli problému, který je užívá podle své úvahy. Píšeme-li "problém", "data", míníme tím, že jsou dána určitá rámcová pravidla, jak s nimi zacházet. Forma II. vzniká rozšířením I. jako svého jádra. Kromě uživatele a běžného personálu nutného pro chod formy I. přichází do hry ještě řešitel jakožto specialista pro techniku řešení problému, nikoliv specialista pro obsah problému. Při nejnižší úrovni organizace je uživatel totožný s řešitelem nebo dokonce se specialisty pro formu I. Schematické znázornění:



Proces je spontánně řízen

Spontánnost řešení spočívá v tom, že řešitel nemá k dispozici žádná pravidla ani metodu, podle kterých by řešení s danými prostředky realizoval. Je tudíž odkázán na svoje volné úvahy a vědomosti. To sice dovoluje větší flexibilitu řešení a individualitu, kvalita řešení je však limitována řešitelovými schopnostmi. Forma II. odpovídá situaci v problémově orientovaných výpočetních střediscích (např. vědecká laboratoř), tj. odborných pracovištích, která disponují počítačem a využívají jej prioritně k ucelenému řešení svých odborných problémů.

### FORMA III. - metodické řešení problémů pomocí počítačů.

Jelikož kvalitativní i kvantitativní nároky na automatizované řešení problémů stále stoupají, je třeba vyvíjet nové formy, které by představovaly ještě větší podporu uživatele. Vyjdeme-li z formy II., nabízí se tato její obměna [cf. Chytil 1979]:

- a) celou činnost pojme důsledně jako *řídící systém*. Jeho možnosti vymezíme pomocí pracovních pravidel, postupů a procedur a systémových (řídících) pravidel, postupů a procedur tak, že systém žádné jiné pracovní možnosti nepřipouští. Za postup přitom považujeme činnost kreativního charakteru (zpracovatelnou člověkem a nealgoritmizovatelnou), za proceduru činnost rutinního charakteru, zpravidla tudíž zpracovatelnou strojem. Pracovní postupy a procedury rozdělíme na čtyři druhy, které budeme označovat *procesy*. Jde o 1. vstupní proces, 2. filtrační proces, 3. vlastní výpočtový proces a 4. výstupní proces. K nim se druží zmíněný řídící proces, který je k pracovním v metapozici. Ve všech zmíněných procesech kromě výpočtového se setkáváme jak s postupy, tak s procedurami. Filtrační procedury

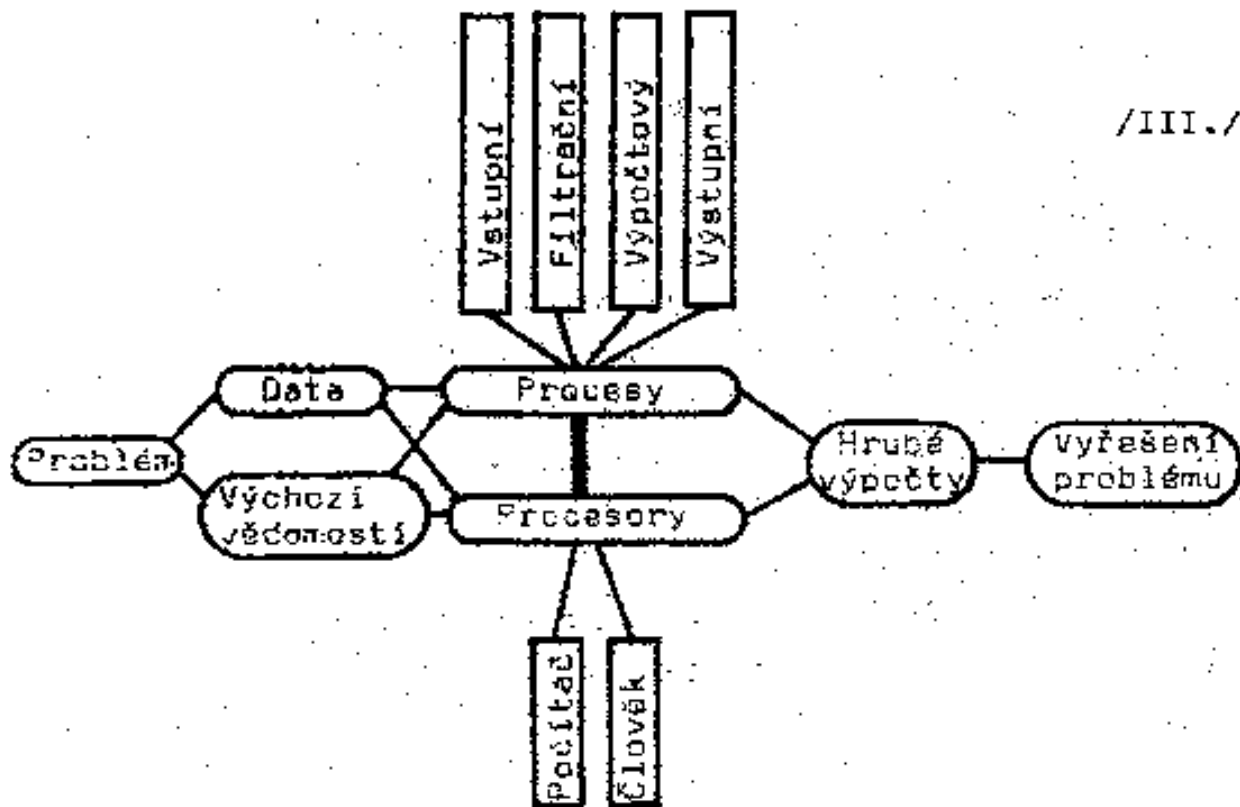
přítom zejména testují korektnost a relevantnost vstupních dat nebo získaných mezivýsledků a adaptují taková data a mezivýsledky podle potřeb řešeného problému.

- b) V rámci navrhovaného systému figurují zjevně tři druhy (mimo běžný personál, potřebný k I.) osob: *uživatel*, který požaduje a formuluje svůj problém a požaduje jeho řešení, *řešitel*, který z příkazu uživatele problém pomocí uvedených prostředků navíc oproti II. řeší, a *člověk - procesor*, který podle dílčích požadavků a potřeby řešitele zpracovává jednotlivé kreativní pracovní postupy. Dodržování principu účelné dělby práce jak mezi zúčastněnými osobami, tak mezi nimi a strojem zvyšuje efektivnost systému.
- c) Celý proces *metodicky* řídí řešitel problému. T.zn., že při své činnosti postupuje podle *řídících pravidel a dovolených postupů* a podle vyspělosti systému může užívat i řídících procedur, tj. vyžádat si asistenci počítače při určování další řešící subsekvence. Od uživatele přejímá problém, data a potřebné výchozí vědomosti a podle prostředků, které má k dispozici (tj. matematickou metodu, software, počítač a člověka-procesora) určuje základní sekvenci řešení. Tu obměňuje podle získávaných mezivýsledků tak, až dojde k požadovanému *vyřešení problému*.
- d) *Řešením problému* je pak jistá sekvence postupů nebo procedur, užitých na vstupních datech a výchozích vědomostech problému tak, že na prvním místě je určitý postup ze vstupního procesu a na posledním z výstupního, při čemž volba ostatních postupů nebo procedur je buď fakultativní, nebo je determinována předchozím krokem ve shodě s řídícími pravidly. Iterace jsou přitom přípustné.
- e) Stávající *procesor*, užitý v II., tj. počítač, doplníme "člověkem-procesorem". Jeho úkolem bude řešit postupy kreativního typu (třebaže podle předepsané hlavní sekvence a podle rámcového předpisu daného postupu, který

je součástí manuálu celého systému). Člověk-procesor může pracovat z hlediska celého řešení buď autonomně, nebo v symbióze s počítačem. Rozdíl je v tom, že v prvním případě uděluje jednotlivé postupy člověku-procesoru, resp. procedury počítači k realizaci sám řešitel a mezivýsledky jsou také řešiteli odevzdány. Ve druhém, mnohem náročnějším případě si může každý z procesorů navíc vyvolat pomoc od druhého (tj. počítač si může vyžádat přímou pomoc kreativního typu od člověka-procesora, obráceně pak si člověk vyžaduje pomoc rutinního typu).

- g) Neurčitost třídy problémů, řešitelných formou II., je nahrazena jejím přesným vymezením. Třídě partikulárních kognitivních problémů, řešitelných formou III., budeme říkat *generální problém*. Je zřejmé, že obecnost vymezení generálního problému může dosahovat různé hloubky. Čím obecněji je problém vymezen, tím méně a méně závazné mohou být jednotlivá pravidla a procedury. Naopak úžejí vymezené generální problémy dovolují užší problémovou orientaci a větší specializaci a tím i účinnost prostředků, užitých v systému. Najít optimální polohu mezi partikulárností a obecností problémů řešitelných takovým systémem záleží na okolnostech a zručnosti konstruktéra systému. Generální problém musí být každopádně formulován tak, aby systém zaručoval, že při splnění běžných předpokladů podá řešení kteréhokoliv partikulárního z dané třídy v očekávaném tvaru. Podobný požadavek je umožněn díky osazení systému různými nevýpočtovými nebo nevlastními výpočtovými procesy.

Formu, která je rozšířením II. o uvedené náležitosti, budeme nazývat *Systémy typu člověk-stroj na řešení kognitivních problémů*. Schéma bude následující:



— Proces je metodicky řízen podle pravidel systému —

V té souvislosti uděláme ještě poznámku o roli formálních věd, tj. logiky a matematiky při užívání počítačů. Projevuje se dvojnásobně: a) jako teoretický podklad tvorby výpočtových procedur, případně i některých jiných pracovních procedur (vstupních, filtračních, výstupních), pokud je diskutované formy I, II, III vůbec přípustější, b) jako teoretický podklad celého řídicího procesu daného řešícího systému. To ovšem připadá v úvahu teprve u formy III a vyšších. Připustíme-li dále, že každá výpočtová procedura musí vycházet z nějaké formální teorie, pak se ihned nabízí jejich rozdělení na takové, kde formální podpora je triviální nebo dokonce skryta (např. mzdová agenda, information retrieval) a na takové, kde tomu tak není. V naší úvaze máme na mysli pouze druhý případ. Pokud jde o formu III., uvažujeme tedy logicky fundovaný řídicí proces s netriviální matematickou metodou. Systémy tohoto druhu budeme někdy také označovat *automatizované matematické metody*. Pro



úplnost upozorněme ještě na případy, kdy v rámci formy III. jsou výpočtové procedury matematicky triviální, aniž by výstavba takového řešícího systému ztratila smysl. Příklad: systémy pro určování diagnóz [cf. Shortliffe 1976, Weiss et al. in appear, etc.].

#### FORMA IV. - automatické řešení problémů.

Položíme-li si otázku, jaká je další vývojová forma výpočtových systémů, pak se ihned nabízí zřejmá možnost náhrady člověka ve formě III. všude tam, kde se vyskytuje, a to počítačem. Jde tedy o náhradu "člověka - řešitele" automatickým řešitelem a o náhradu kreativní činnosti "člověka-procesora" běžným procesorem, vybaveným vhodnými programy. O takové formě musíme uvažovat velmi opatrně, neboť v oblasti umělého intelektu není řada věcí ještě zdaleka prozkoumána a nejsou tudíž známy principiální meze schopností jak člověka, tak stroje [cf. Bertram R. 1964, Coles 1972]. Dodejme, že za rutinní procedury jsme v III. pokládali takové, které jsou algoritmizovatelné, za kreativní všechny ostatní (kreativnost v tomto kontextu není tudíž míněna v obvyklém smyslu "vytvoření nějakého intelektuálního díla"). Všimněme si několika faktů:

a) každé jednání, které je principiálně rutinní, může být vykonáno podle různých (ekvivalentních) algoritmů anebo podle žádného, tj. kreativně. Svě sedadlo v divadle najdu rutinně podle jednoduchého algoritmu, ale mohu nebo musím k tomu účelu použít kreativní postup, nechal-li jsem příslušnou vstupenku doma. Existuje mnoho kreativních jednání, která by mohla být algoritmizována s ekvivalentním výsledkem a jsou prováděna zbytečně kreativně i nadále (např. teprve nedávno se začal zavádět automatický prodej železničních jízdenek). Naproti tomu jsou taková, která jsou nealgoritmizovatelná. Přesto jejich strojové zpracování není vyloučeno. To vyžaduje různé metody a programy heuristického typu.

b) Při tvorbě řešících systémů je tedy prvořadou otázkou čekat, zda postupy pro ně navrhované jsou algoritmi-  
zovatelné. V kladném případě je třeba ponechat jejich  
provádění stroji. V opačném případě je třeba se rozhod-  
nout, zda půjdeme cestou III., tj. pověříme jejich zpra-  
cováváním "člověka-procesora", anebo zda se rozhodneme  
je řešit pomocí heuristických metod, tj. v podstatě po-  
mocí umělého intelektu (forma IV.). Obtížnost zavádění  
korektních heuristických metod a jejich programů proza-  
tím snižuje úměrně obecnost jejich používání jen na vel-  
mi jednoduché problémy. Formu IV. je nutno s ohledem na  
dosavadní stav potřebného teoretického poznání považo-  
vat spíše za výhledovou [Papert a Solomon 1971]. Je-  
likož lze spatřovat určitou analogii mezi teoretickou  
problematikou takovýchto automatických řešících systé-  
mů a problematikou průmyslových robotů, budeme takové  
systémy nazývat *kognitivními roboty*.

---

Shora nastíněné čtyři formy sice představují z hledís-  
ka své konstrukce a stupně podpory uživatele vývojovou řa-  
du, neznamená to však, že by kterákoliv z nižších forem  
ztratila smysl, pokud se vyvine nebo používá vyšší. Další  
věcí je, že mezi jednotlivými formami lze nalézt pochopi-  
telně mnoho forem přechodových a kombinovaných. Přesto by-  
lo hlavním záměrem článku upozornit na výhodnost formy  
III. a poskytnout alespoň její základní teoretické vybave-  
ní. Je to odůvodněné i proto, že v naší programátorské ve-  
řejnosti mnoho systémů, které jsou na pomezí mezi II. a III.,  
skutečně existuje a nebylo by obtížné je dovybavit potřeb-  
nými náležitostmi.

## LITERATURA

- Bertram Raphael, A computer Program which "Understands",  
*Proceedings - Fall Joint Computer Conference*, 1964,  
pp. 577 - 589.
- M.Bunge, *Scientific Research*, I., Springer Verlag, Berlin  
- Heidelberg - New York, 1967, pp. 3 - 519.
- M.K.Chytil, *Mathematical Methods as Automatic Problem  
Solvers*, *Kybernetes*, (to appear).
- L.S.Coles, *Techniques for Information Retrieval Using  
as Inferential Question-Answering System With Natural  
Language Input*, Stanford Research Institute, 1972,  
pp. 62 - 83, Technical Note 74.
- O. Firschein, M.A. Fischler, L.S.Coles, J.M.Tenenbaum,  
*Forecasting and Assessing the Impact of Artificial  
Intelligence on Society*, *Third International Joint  
Conference on Artificial Intelligence*, Stanford 1973,  
pp. 105 - 120.
- E. Hultsch, H. Jannasch, N. Krier, M. Sund, N. Victor,  
*Requirements for Program Systems used for Statisti-  
cal Data Analysis*, *Statistical Software Newsletter*,  
4, Heft 1, 1978, pp. 5 - 33.
- S.Papert, C. Solomon, *Twenty Things to do with a Compu-  
ter*, AIM - 248, MIT A.I. Laboratory, June 1971, pp.  
2 - 40.
- E.H. Shortliffe, *Computer-Based Medical Consultations:  
MYCIN*, *Artificial Intelligence Series*, 2, 1976, Else-  
vier, New York.
- S.Weiss et al., *Glaucoma Consultation by Computer*, *Com-  
puters in Biology and Medicine* (to appear).