

K PROBLÉMŮM KYBERNETICKÉ ANALÝZY A AUTOMATIZACE V PROCESECH ŘÍZENÍ SOCIALISTICKÉHO STÁTU

MARIE KUČEROVSKÁ-VRECIONOVÁ, VLADIMÍR VRECION

V článku se snažíme řešit tyto problémy: 1. Chceme stanovit pokud možno podrobnou a přesnou systematiku úkolů a vzájemných vztahů úkolů aplikace kybernetiky na procesy řízení společnosti. Současně ukazujeme některé problémy aplikace, které dosud vymezeny nebyly. 2. Snažíme se analyzovat důležitý úkol společenského řízení, který podle našeho názoru převezme systém samočinných počítačů, tj. úkon konfrontace skutečného plnění ukazatelů plánů (vypracovaných na základě pokud možno vědeckého ekonomického modelu) výroby i dopravy, odbytu, spotřeby, ukazatelů hospodářských smluv, finančních smluv, s plánovanými nebo smluvenými ukazateli rozloženými jako funkce času. Uvedené zahrnuje i možnost automaticky sledovat a částečně zhodnotit vývoj sociologických ukazatelů.

Řešení, které se nám jeví algoritmicky jednoduché, používáme jako příkladu, na němž chceme dokumentovat některé možnosti matematické analýzy (diferenciálního i integrálního počtu) při algoritmizaci společenských procesů. Tím chceme zaujmout stanovisko k častému názoru, že infinitesimální počet není v naší aplikaci prakticky použitelný. (Srov. např. L 3, zejména část 1.2.2.) Matematickou analýzou se takto zabýváme proto, že dosud v aplikacích matematiky na společenské procesy převažují statická hlediska na parametry systémů (lineární programování, převážná část teorie strategických her), zatímco lidská společnost je dynamický vývíjející se kybernetický systém, pro který je diferenciální i integrální počet z jistých hledisek adekvátnější. Použití matematické analýzy, pro které účelně uměle konstruujeme spojitost některých společenských procesů, není v rozporu s konstitutivním znakem kybernetiky, tj. s požadavkem diskrétnosti řídicích systémů. Nositel informace totiž může být spojitý, musí však platit, že pro řídicí systém jsou významné (postačují) jen mezní hodnoty nositele informací.

I.

K systematice hlavních úkolů aplikace kybernetiky ve společenském řízení¹⁾

A. Současný hlavní význam kybernetiky pro společenské vědy je v tom, že poskytuje jednotnou a pevnou koncepci pro užití exaktních (matematických, logických, informačních) metod k poznání a popisu společenských procesů, podnítila

¹⁾ Společenským řízením rozumíme procesy, jimiž se realizuje cílevědomé řízení společnosti.

matematiku k budování matematických aparátů adekvátních i pro některé společenské procesy, dostatečně přesně vyjasnila i pro společenské jevy proces řízení a je hlavní integrační silou, spojující úsilí společenských nauk s poznatky přírodních a technických věd.

Lze však formulovat nejméně dvě obecné a zásadní předběžné překážky efektivní aplikace kybernetiky ve společenském řízení:

1. je nutno pokud možno odstranit vágnost mnoha termínů (včetně termínů užívaných v zákonech a teorii práva), které používá současná společenská nauka k popisu společenských jevů.
2. je nutno překonat celkovou neznalost empirického pozadí většiny procesů řízení socialistické společnosti.

Je však možno už nyní s kybernetickými hledisky a se skromnými cíli se snažit matematicky (logicky aj.) analyzovat ty společenské procesy, které jsou jasně popsány (nebo které lze jasně popsat bez nepřekonatelných organizačních aj. překážek).

Než ukážeme systém hlavních úkolů aplikace kybernetiky ve společenském řízení, z něhož vyplynou i vzájemné vztahy uvedených úkolů, vyložíme některé v dalším užívané pojmy.

(Pozn.: Následující úvahy předpokládají znalost L 5.) Pod obecný pojem řídicí systém můžeme zahrnout jakýkoliv uspořádaný objekt reálného světa (atom, právní normu, počítač atd.). Přesněji řídicím systémem rozumíme systém, který má schéma, informaci (vnější, vnitřní), koordináty (elementů) a funkci. Funkcí rozumíme charakteristiku určující chování řídicí soustavy. V každém časovém okamžiku umožňuje určit činnost, kterou může realizovat soustava při přechodu k dalšímu diskrétnímu momentu času. Uvedené pojetí řídicího systému tedy zahrnuje i systémy, kde řízení v obvyklém slova smyslu neexistuje. Takové zobecnění je však velmi užité mj. proto, že vnáší do kybernetických výzkumů pevný pořádek. Podrobněji L 5. Kybernetika však zkoumá jen: 1. diskrétní objekty (nositel informace ovšem může být spojitý, diskrétnost vyžaduje, aby byly pro objekt významné jen mezní hodnoty nositele – srov. i kap. II.), 2. dostatečně složité objekty (kdy aplikace kybernetiky je účelná).

Všechny kybernetické řídicí soustavy (jakými jsou i stát, právo, ekonomika – její resorty, ostatní resorty státního řízení, politická strana atd.) je vždy možno zkoumat, nejobecněji řečeno dvěma způsoby:

1. Užívajíc tzv. makro-přístupu (rus. makro-podchod), kdy zkoumáme objekt jako „černou schránku“, jejíž vnitřní stavbu (fungování) vůbec nebo zčásti neznáme.
2. Tzv. mikro-přístupem, kdy řídicí systém rozčleníme na elementární řídicí pod-systémy, jejichž počet může být i velmi velký. Se znalostí fungování drobných podsystémů soustavy pak konstruujeme principy fungování celé soustavy.

Oba přístupy se tedy uplatní i při zkoumání obrovského komplexu procesů řízení na teritoriu socialistického státu, v nichž snad žádné relevantní faktory nejsou trvale stacionární. Protože však současné společenské vědy postupují na takovou úroveň, že budou požadovat maximální exaktnost, makro-přístup (i s kybernetickou interpretací procesů řízení) nemůže být hlavní a hlavně ne konečnou metodou vědeckého výzkumu, jak tomu bylo převážně doposud. Cílem je kybernetická analýza společenských procesů, založená na dostatečné matematickologické analýze dílčích procesů.

V dalším nově rozpracováváme systematiku úkolů i prostředků k řešení úkolů kybernetické analýzy procesů řízení resortů státu, k čemuž využíváme sovětskými vědci A. A. Ljapunovem a S. V. Jablonským formulovaných definic úkolů kybernetické analýzy řídicích systémů. Význam uvedené systematiky je hlavně v tom, že přesvědčivě ukazuje nezbytnost komplexního kybernetického rozboru zkoumaných řídicích (i společenských) soustav a zhodnocuje roli jednotlivých kybernetických teorií a metodologických i matematickologických prostředků ve výzkumu.

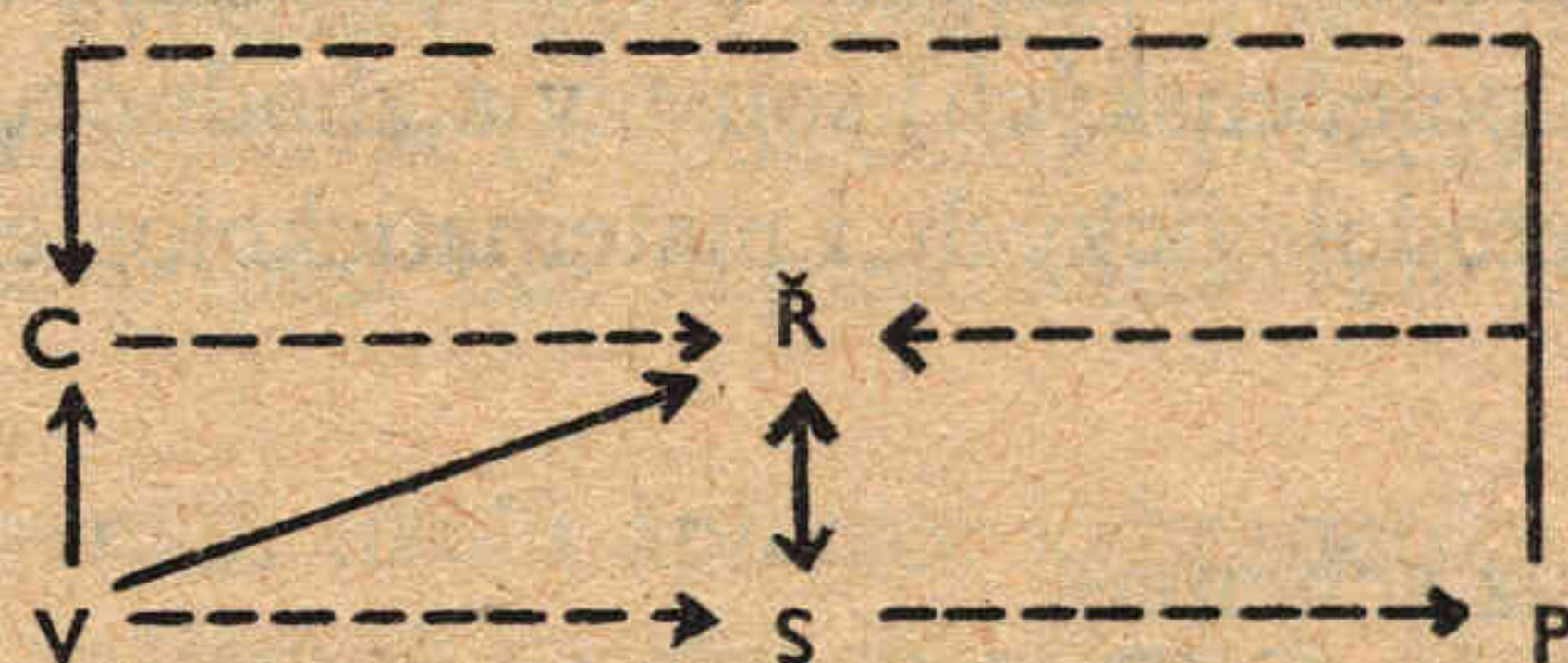
Legenda ke schématu (viz schéma).

Podrobněji se zaměříme jen na některé problémy, které systematika nově vymezuje našemu výzkumu. Nejdříve však stručně k orientaci v systematice:

1. Zásady schématu jsou: první tři sloupce obsahují makro i mikropřístupové úkoly kybernetické exaktní analýzy řídicích systémů, které na sebe – tak jak jsou uvedeny shora dolů – navazují. Ve 3. sloupci jsou uvedeny metodologické a zejm. matematické prostředky, kterými současná věda disponuje k řešení jednotlivých úkolů. V dalších sloupcích následují rozvedené úkoly analýzy konkrétních řídicích soustav. Zdvojenými kolmými čarami jsou odděleny společenské řídicí systémy.
- Vodorovné rubriky oddělují jednotlivé úkoly – v prvních dvou sloupcích obecně formulované, v dalších sloupcích pro speciální řídicí soustavy konkretizované – i jednotlivé matematické, logické a metodologické prostředky potřebné k jejich řešení.
2. Úkoly i obsahy úkolů jsou formulovány obecně, protože se týkají všech existujících kybernetických soustav. Z toho pak plyne, že ne ve všech řídicích systémech mohou být ve všem realizovány (srov. např. úkol č. 10).
3. Rovněž současné matematické i jiné prostředky potřebné k řešení úkolů jsou uvedeny bez ohledu na individuální zkoumané systémy, takže není vadou, když některý z prostředků uvedených v rubrice nebude adekvátní určité zkoumané soustavě.
4. Úkoly programování počítačů zahrnují i programování právně řídicích úkolů (5. sloupec).
5. a) Socialistická společnost se skládá z obrovského množství hierarchických řídicích

cích systémů, z nichž složité a diskrétní zkoumá kybernetika. (Vzhledem zejm. k struktuře společnosti a k charakteru přijímání a zpracování informací lidským mozkem můžeme všechny společenské jevy považovat za diskrétní.) V systematice vyčleňujeme hlavní řídicí systémy, které musíme chápat jako systémy skládající se s řídicích (pod) systémů, které je možno zkoumat jako takové z různých hledisek. Konečným cílem uvedených úkolů je sestavení optimální řídicí soustavy resortu fungující podle exaktně vyvozeného a dokázaného algoritmu, který může být dosažen jen postupným exaktním popisem dílčích společenských procesů (řídicích systémů – zejm. i praxeologických).

- b) K určení úkolů výzkumu právního řádu jsme použili úvah akad. V. Knappa o kybernetické analýze společenského působení práva. (L 1 str. 86 a násl.) Makroskopický model řídicí soustavy v uvedeném sloupci systematiky vypadá:



kdy C = orgány tvořící právní řád, Ř = právní řád, V = rušivé vlivy na společnost, S = společnost, P = společenské faktory upravované právním řádem. Šipky označují kanály působení (fyzikálního a informačního). Hlavní funkcí šipky z S do P je však vyčlenit ze společenské totality vztahy upravované Ř.

Bylo by také možné zkoumat právní řád jako samostatný kybernetický systém, tj. bez spojení znázorněných v předchozím grafu. (Právní řád splňuje požadavek složitosti a proto bude účelné jej zkoumat jako kybernetický systém.) Mohli bychom tedy sloupec „právní řád“ rozčlenit ještě na dva relativně samostatné výzkumy.

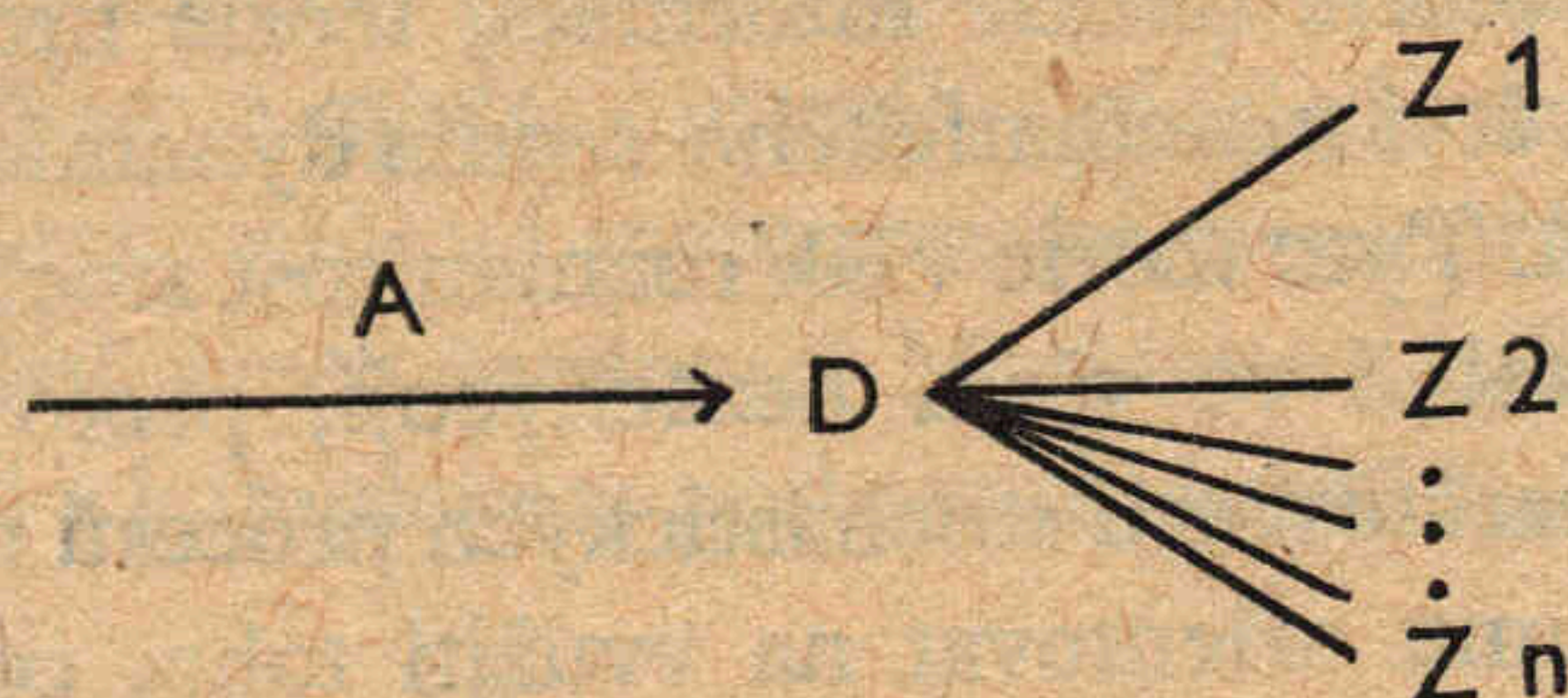
Podrobně lze uvažovat o jednotlivé právní normě: A. Lze zkoumat kybernetický systém společenského působení právní normy, protože takový systém splňuje požadavek složitosti (srov. V. Knapp, zmíněné z L 1). B. Je ovšem možno zkoumat právní normu jako samostatný řídicí systém, protože norma (je-li P, má být Q) má schéma, informaci (vnější, vnitřní informaci) i funkci. Takový systém však není natolik složitý, aby bylo účelné jej kyberneticky interpretovat a zkoumat, proto jednotlivou právní normu (na rozdíl od právního řádu) nebudeme ani nazývat kybernetickým řídicím systémem.

6. Úkoly aplikace kybernetiky v linguistice se těsně stýkají se sestavováním algoritmů pro právní informační stroje (předposlední sloupec).
7. Protože člověk je určitým elementem kolektivních společenských systémů, kybernetická analýza nervového systému člověka je z mnoha hledisek součástí našich úvah (poslední sloupec).

B. Nyní k problémům kybernetické analýzy společenských procesů, jimiž chceme doplnit úvahy vedené z pozice vědy o státu a právu. I z předchozí systematiky plyne, že „právně kybernetický“ výzkum bude muset nově řešit problémy: 1. Zkoumat využití teorie hromadné obsluhy k analýze i algoritmizaci procesů řízení v jednotlivých resortech státního řízení (blízké úkolu využití teorie her a lineárního programování). 2. Zkoumat využití teorie stochastických procesů. 3. Nově formulovat a zejména docenit úlohu statistiky v jednotlivých resortech.

Tyto úkoly je možno úspěšně řešit jen tehdy, bude-li výzkum veden s dokonalou znalostí výsledků moderní matematické teorie pravděpodobnosti. Rozvedeme několik programových myšlenek:

Ad 1. Teorie hromadné obsluhy jako součást matematického aparátu kybernetiky (je to dosti složité a náročné odvětví teorie pravděpodobnosti) se zabývá hromadnou obsluhou, tj. činností, ve které dochází k situaci, kdy vzniká masová poptávka po obsluze jistého typu. Obecné schéma systému hromadné obsluhy (SHO) vypadá takto:



A označuje tok výzev na obsluhu, tj. časovou posloupnost výzev na obsluhu tak, jak skutečně k SHO přicházejí. Výzva na obsluhu = vhodně definovaná „jednotka poptávky“ = zákazník v obchodě, podřízené orgány, atd.

Číslo **n** = počet obsluhujících elementů (linek) určuje kapacita SHO.

D označuje dispečink, kterým se řídí přidělování výzev k obsluze u jednotlivých linek.

Poměrně velice složitý matematický aparát této teorie, použitelné pro řadu podle mnoha hledisek klasifikovaných systémů hromadné obsluhy, lze členit do čtyř skupin: – charakteristika toku výzev na SHO (jinými slovy „vlivu vnějšího prostředí“ na SHO) – charakteristika řízené obsluhy (jen u tzv. systémů s řízením) – definice a matematické formulace kvality obsluhy.

I při znalosti základů teorie hromadné obsluhy lze důvodně předpokládat, že tuto teorii je možno i nutno využít při algoritmizaci procesů (srov. systematika):

V ekonomice (v operativním řízení, v materiálně technickém zásobování atd.), v ozbrojených silách (řízení bojových operací, zásobování atd.), v distribuci a službách (k optimálnímu uspokojování zákazníků), ve zdravotnictví (k určení optimálních kapacit i rozmístění ambulantních i nemocničních zařízení), ve školství a kultuře (k rozmístění a kapacitě školských i kulturních zařízení), v organizaci institucí a orgánů ministerstva vnitra i v organizacích státní kontroly.

Je však důvodné předpokládat, že tato teorie bude použitelná nejen k obsluze na nejnižších člancích organizace uvedených resortů, ale i k úvahám o efektivní organizační struktuře všech řídicích orgánů. Totiž: Vyššímu článku řízení – dispečinku,

řídícímu přidělování obsluhy (vyššímu stupni regulace ($n + 1$)) je podřízen systém nižších článků (n -tý stupeň regulace), který je možno chápat jako linky obsluhy, jejichž počet označí kapacitu systému hromadné obsluhy. Výzvy pak jsou poruchy v řízení nebo jakékoliv vhodné jednotky požadavků na obsluhu (řídící akt).

Lze také pokládat řídící orgán za **D** (dispečink), poruchy v řízení nebo vnější vlivy vyžadující korigující řídící instrukci za výzvy k obsluze, možná opatření, kterými řídící orgán disponuje za linky obsluhy a jejich počet za kapacitu.

Je jasné, že by bylo nutno opatrně volit některý z mnoha druhů systémů, který matematický aparát teorie hromadné obsluhy modeluje a který by měl splnit požadavek přiměřenosti.

Ad 2. Stochaické procesy matematicky modelované zachycují chování stochastických dynamických soustav. Stochastickou soustavou rozumíme systém, jehož stav se mění v závislosti na čase nebo na jiném měřitelném parametru a přechody mezi jednotlivými stavy se řídí pravděpodobnostními zákonitostmi.

Některé kybernetické teorie (teorie informací, teorie hromadné obsluhy) jsou vlastně rozpracovaná odvětví matematického studia dynamických jednoznačně nedeterminovaných procesů. Tyto teorie však rozmanitost stochastických (i společenských) procesů pochopitelně ve všem nezachycují, proto (i když systematika zvláště v matematickém aparátě teorii stochastických procesů neuvádí) myslíme, že je nutné část našeho výzkumu orientovat na využití toho, co velká část literatury (např. Ashby) označuje termínem „obecná teorie stochastických procesů“.

Uvedeme několik obecných myšlenek: a) Stochastický proces se od determinovaného liší v tom, že jeho trajektorie není jednoznačná. Přiměřenost stochastických systémů pro některé společenské jevy je odůvodněna hlavně tím, že každý společenský proces probíhá v čase a závislost na čase je podstatná (srov. kap. II); – většina společenských procesů obsahuje prvky náhodnosti, což je způsobeno především tím, že se procesu účastní masa lidí, jejichž reakce není možno nikdy předem determinovat. Přitom věda už matematicky dokázala (zejm. Neumann ve své teorii her), že narůstání počtu prvků – účastníků – společenských systémů matematický popis společenského systému neztěžuje, ale naopak podstatně ulehčuje (zejm. proto, že začínají přesně platit poznané pravděpodobnostní zákony); b) každý společenský systém můžeme chápat jako soustavu, jejíž stav lze vyjádřit jistým vektorem; c) existuje rozsáhlý matematický aparát (zejm. matematická analýza, různé distribuční funkce a speciální aparáty), které mohou v mnohých variantách zachytit vývoj parametrů společenské soustavy (v závislosti na spojitým i diskrétním parametru, zejm. čase); d) samočinné počítače dovolují použít i složitých algoritmických postupů pro praktickou řídící činnost a zároveň dovolují provést kybernetický experiment (hledání optimální varianty společenského procesu modelováním v počítači).

Vyskytuje se však řada potíží. Předně: – k adekvátnímu použití už vybudovaných matematických algoritmů je třeba mít velké množství statistických (sociologických)

údajů, které často nejsou úplné nebo nejsou k dispozici; – matematická literatura uvádí, že při studiu konkrétních problémů se dochází ke složitým soustavám diferenciálních a integrálních rovnic, jejichž řešení bývá obtížné (velké možnosti však poskytnou počítače);

– stanovit parametry (pravděpodobnosti přechodů atd.) bude někdy velmi obtížné.

Většina literatury shodně konstatuje, že v mnoha společenských procesech nebude možno určit přechody, tj. četnosti, jakým způsobem určitý (neúplně pozorovatelný (poznáný), tj. černá schránka) přechod stavů proběhl a to z důvodu, že prostě nebude možno dostatečně dlouhou dobu proces statisticky (sociologicky) sledovat. Myslíme však, že zde je nutno dodat, že znalost (správný odhad) parametrů je ke každému řízení (činnosti) nezbytná a že právě vhodný i neúplný exaktní model procesu může umožnit aspoň jejich rychlý a správný odhad;

– nutno spolehlivě vyřešit problém, jak kvantitativně hodnotit kvalitativní ukazatele procesu.

Vymyslíme ještě jednoduchý příklad, který by ve stručnosti dokumentoval předchozí výklad. Použijeme zjednodušeného příkladu z tzv. Markovových stochastických systémů, který při své matematické elementárnosti patrně může mít po rozpracování a využití všech možností Markovova kalkulu praktický význam. (Samozřejmě ve spojení s komplexem podstatně složitějších metod.)

Tedy:

Axiómy: Pro Markovovský systém platí:

1. pravděpodobnost každého přechodu je pro různě dlouhé intervaly stejná;
2. systém je plně určen dvojrozměrnými distribučními funkcemi $F(Y_1, Y_2; t_1, t_2)$, tj. pravděpodobnost toho, že systém bude v čase t_n ve stavu Y_n , za předpokladu, že byl v okamžicích $t_1, t_2, \dots, t_{n-1}$ ve stavech $Y_1, Y_2, \dots, Y_{n-1}$, závisí jenom na t_{n-1} a Y_{n-1} .

Pozn.: Tyto axiomy tedy podstatně omezují aplikaci Markovova aparátu na společenské procesy, i když existují metody, jak tato omezení zeslabovat. (U složitějších stochastických teorií zejména omezení z druhého axiomu neexistuje.)

Nyní si představme, že existuje společenský rozsáhlý podsystém A, skládající se z lidí pracujících ve velkém průmyslovém podniku P, z lidí J pracujících v jiných oborech v obvodě podsystému, z obyvatel tvořících pracovní rezervy obvodu R a z lidí neschopných práce L. Pripustíme, že po dobu, po níž svá pravidla budeme uplatňovat, se podstatně nebudou měnit vnější působící vlivy na podsystém. V podsystému probíhá proces spočívající v tom, že se lidé přemísťují z jedné skupiny do druhé (mezi skupinami P, L, R, J).

Stanovíme, že proces podsystému byl dostatečně dlouhou dobu statisticky sledován a že bylo zjištěno toto:

- za časovou jednotku (měsíc, rok) přejde průměrně z P do L ($P \rightarrow L$) $1/6$ lidí P, z P do J $1/6$ (P), z P do R $1/6$ (P), z L do P $1/2$ (L), tj. z L přejde do P $1/2$ lidí, z L do J $1/6$ (L), z L do R $1/6$ (L), z J do P $4/10$ (J), tj. z J přejde do P $4/10$ lidí,

z J do L $1/10$ (J), z J do R $1/10$ (J), z R do P $1/6$ (R), tj. z R přejde do P $1/6$ lidí, z R do L $1/6$ (R), z R do J $1/6$ (R).

Protože jsou axiomy splněny, zapíšeme transformace v stochastickém systému do tabulky: (Ashbyho tvar (L 4, str. 205 a násl.))

	P	L	J	R
P	$1/2$	$1/2$	$4/10$	$1/6$
L	$1/6$	$1/6$	$1/10$	$1/6$
J	$1/6$	$1/6$	$4/10$	$1/6$
R	$1/6$	$1/6$	$1/10$	$1/2$

(Ve vodorovném řádku P, L, R, J jsou operandy, které transformace převede na obrazy P, L, R, J v kolmém sloupci.)

Nyní předpokládejme, že řídicí orgán podsystemu A chce vědět, zda existují průměrné (např. v procentech vyjádřené) hodnoty, kolem nichž se mohou stabilizovat počty osob v jednotlivých skupinách P, L, J, R.

Markovův systém tuto úlohu řeší celkem snadno takto: nechť systém A obsahuje 1000 lidí; pak (d_P = počet lidí v P, d_L = počet v L, d_J počet v J, d_R počet v R) $d_P + d_L + d_R + d_J = 1000$. Protože hledáme rovnovážný stav, je první řádek soustavy rovnic $d_P = 1/2 d_P + 1/2 d_L + 4/10 d_J + 1/6 d_R$ (protože obecně platí: d_P = počet lidí v P po libovolném jednom kroku systému = $1/2 d_P + 1/2 d_L + 4/10 d_J + 1/6 d_R$).

Další řádky soustavy rovnic se určí podobně.

Výsledná soustava rovnic, která již snadno vede k řešení např. je:

$$\begin{aligned} d_P + d_L + d_R + d_J &= 1000 \\ -1/2 d_P + 1/2 d_L + 4/10 d_J + 1/6 d_R &= 0 \\ 1/6 d_P - 5/6 d_L + 1/10 d_J + 1/6 d_R &= 0 \\ 1/6 d_P + 1/6 d_L - 6/10 d_J + 1/6 d_R &= 0. \end{aligned}$$

Výsledkem jsou čísla, která posunutím desetinné čárky o jedno místo doleva převedeme na procenta. S tímto číslem pak můžeme snadno určit rovnovážné stavy, které jsou ovšem závislé na počtu obyvatel v A, kolem nichž bude systém A stabilní.

Ad 3) Náhodnost v procesech (i společenských) naprosto neznamena nezákonnost. Naopak předpokládá existenci určitých zákonitostí, které jsou ovšem jiného charakteru než zákony jednoznačně přiřazující účinek k dané příčině.

Bez hledání a uplatňování stochastických zákonitostí ve společenských procesech je velká většina úspěšných aplikací kybernetiky nemožná. (Srovnej např. aplikace teorie hromadné obsluhy, teorie stochastických procesů, teorie informace aj.) Obecně lze říci, že nejefektivnější, tj. vědecké řízení společnosti, je možné jen tehdy (se splněním jistých předpokladů, např. rozvojem sociologie), budou-li ve všech důležitých případech hlavní určující společenské faktory důkladně statisticky sledovány a bude-li z takových statistik vytěženo maximum možných informací. (Dosud nejlepší rozbor o možnostech statistiky i s důkazem horní meze informativnosti jsou v pracích Angličana R. Fischera (L 6).)

Nebudeme zde zaujímat stanovisko k jednotlivým v naší aplikaci použitelným statistickým metodám, vyslovíme jen své obecné programové názory: a) Vývoj, který mohou vědecké výzkumy aplikace kybernetiky urychlit, si vynutí, aby statistika použitá jako matematický prostředek a zkoumající jak kvantitativní, tak kvalitativní stránku hromadných společenských jevů v jejich nepřetržité souvislosti, se stala rozhodujícím prostředkem k určování rozvojových koncepcí celospolečenského významu, b) v důsledku automatizace a exaktních metod v řízení se podstatně více uplatní i na nižších stupních řízení, tj. bude se přesouvat i do operativního řízení, c) nejdůležitější činností statistického pozorování je rozložení sledovaných společenských objektů (procesů) na vhodné elementární části a nalezení těch znaků, které v potřebném rozsahu určují jejich kvalitativní rysy. (Znaky pak sledujeme jako tzv. náhodné veličiny.) d) je možné předpokládat, že s rozvojem kvantitativních metod a při automatizovaném zpracování informací bude možno alespoň zčásti pomocí indexů vyjadřovat (statisticky sledovat) i takové jevy, jako morální stav kolektivů, stupeň integrovanosti kolektivů v podniku apod., e) lze také očekávat, že v budoucnu budou moci samočinné počítače realizovat i v určitých společenských procesech tzv. kybernetický experiment, tj. v krátké době mnohonásobně modelovat společenský proces, což zahrnuje možnost i „urychlit“ statistické sledování (použitím i matematických metod typu Monte Carlo).

II.

K aplikaci matematiky, resp. fyziky v plánování a kontrole plnění plánů a smluv

V dalším ve stručnosti předkládáme naši představu exaktního (příp. automatického) sledování, kontroly a zhodnocování plnění ekonomických i jiných resortních plánů, hospodářských (event. i jiných) smluv i vývoje nejrůznějších sociologických ukazatelů, což je podkladem pro korekci (i automatickou) těchto jevů. Chceme současně odvodit, že při exaktním popisu (event. modelování – kybernetickém experimentu) se může výrazněji než dosud uplatnit matematická analýza (integrální a diferenciální počet).

Zdůrazňujeme, že jsme si vědomi, že uvedenou algoritmizaci je možno vyčerpávajícím způsobem řešit tabelovými funkcemi. Použijeme-li však aproximativní spojité funkce – a tento úkol je matematicky jednoduchý – můžeme sestavit takový algoritmus, který minimálně zatěžuje paměť číslicových počítačů.

Do komplexních úvah o kybernetické analýze a budování exaktních modelů společenských řídicích systémů zařadíme námi řešený dílčí úkol takto: 1. zaměřujeme se na jeden směr zpětné vazby mezi řídicím a řízeným objektem, a to na směr od řízeného k řídicímu, 2. jde o zhodnocování vstupních informací do řídicího centra (řídicí soustavy), 3. námi navrhované exaktní zhodnocení informací o stavu řízených objektů (jevů) bude možno, resp. nutno algoritmicky exaktně spojit s možnost-

mi volit v závislosti na změnách fungování řízených objektů optimální model (organizování) společenské řídicí soustavy z množiny exaktně vypracovaných modelů, 4. výsledek zhodnocení může být tedy chápán jako parametr v kybernetickém smyslu.

V úvahách využíváme základní zkušenosti s používáním samočinných počítačů v řízení hospodářství (výzkumu, výroby atd.) v nejvyspělejších zemích světa.

Souvislost s právem je evidentní: 1. hospodářské plány v socialistické ekonomické soustavě mají právní aspekty, 2. smlouvy jsou instituty socialistického práva, 3. bez důkladného zhodnocení vývoje ekonomických i sociologických faktorů je řízení (i právní) resortů nevědecké, 4. je velmi pravděpodobné, že v nejbližší budoucnosti budou u nás v právních normách stanoveny závazné postupy plánování a řízení resortů vyjádřené matematicky.

Výrobu, vývoj s výrobou souvisejících i jiných oblastí a resortů můžeme považovat za procesy jak s diskrétními, tak se spojitými prvky. Tzn., že v nepřetržitém výrobním, výzkumném atd. procesu se projevuje v plynulosti dějů a činností, v jejich návaznosti spojitost. Současně se diskrétnost projevuje v kvalitativních a kvantitativních změnách, v možnostech sondážního studia a kontroly dějů.

Analogie s přírodními ději je velmi výrazná, lze tedy ke studiu některých společenských jevů s jistou opatrností přebrat metodu věd přírodních.

Pro komplexní studium je nutno brát v úvahu studium modelů řízení jak z hlediska diskrétnosti, tak z hlediska spojitého charakteru studovaného objektu. Zaměříme se hlavně na perspektivní řešení z hledisek spojitosti. V dalším víceméně rámcově přednesené myšlenky o některých možnostech dokonalejší kontroly plnění plánů a smluv hodláme později rozpracovat podrobněji.

Vzhledem k tomu, že vědecká kontrola plánů a smluv musí vycházet ze znalosti metod plánování výzkumných prací, vývoje, projekce, plánování výroby, výstavby a restaurace výrobních zařízení, plánování a plnění smluv, musíme při rozboru rovněž vyjít ze znalostí o současném stavu a možnostech řízení. Doposud se promítla reakce na diskrétně spojitou podstatu dějů výroby, výstavby, výzkumu atd. v průmyslově vyspělých státech zhruba takto:

a) Byl v mnoha případech poznán, resp. zkonstruován spojitý charakter výroby a hlavních souvislých jevů na podkladě diskrétně získávaných údajů o okamžitých stavech výroby i souvislých jevů. Tím je umožněna exaktní predikace v ekonomickém, resp. jiném řídicím modelu. Jak jsme již naznačili, v tom, jak získáváme údaje, parametry potřebné pro znalost stavu výroby i jiných řízených soustav, se projevuje diskrétnost, protože výrobu, výzkum, plnění smluv atd. kontrolujeme, měříme vždy v určitých kvantech (např. jen v určitých časových intervalech, resp. jen v hlavních parametrech a činnostech). Na podkladě těchto údajů člověk pak zpracuje globální koncepci o stavu a dalším vývoji uvažovaných činností a dějů.

Je důležité zde uvést, že analogové počítače umožnily spojitě řízení v některých odvětvích. Analogony se osvědčují např. v řízení některých spojitých procesů výroby (např. v chemii). Avšak nedokonalost spojitého řízení výroby, výzkumu i j. pomocí analogonů na vyšší úrovni se projevuje

v tom, že v případě podstatnějších změn činností analogové počítače musí operativně usměrňovat (korigovat) člověk opět jen na základě znalostí několika diskrétních údajů, v čemž se a priori projevuje nepřesnost. Z principu analogových strojů totiž plyne, že takových zásahů je nutně nesrovnatelně víc než při použití číslicových počítačů, které mj. mohou očekávat mnohem více variant vývoje sledovaných systémů.

b) Hlavní je dnes tedy užívání číslicových počítačů v řízení a kontrole výzkumu, produkce a distribuce, protože i technické možnosti a realizace výstižnějších exaktních metod se jeví pro současnost výhodnější s využitím numerických samočinných počítačů. Patrně tyto skutečnosti způsobují, že se zatím preferuje diskrétní stránka studovaných jevů. Adekvátní důrazu na diskrétnost jevů je pak dominantní používání aparátu matematické algebry při algoritmizaci procesů v řídicích soustavách. Přitom spojitost jevů lze vystihnout především aparátem matematické analýzy – infinitesimálním počtem a diferenciálními rovnicemi.

c) Naši velkou pozornost si zasluhují nové a již dobře rozpracované metody řízení, které jsou vyvíjeny v posledních letech především v zahraničí (L 9, 10). Jsou to např. metody z USA: Critical Path Method – CPM = metoda kritické cesty a metoda PERT (Program Evaluation and Review Technique). Jsme toho názoru, že obě uvedené metody, které nejsou v rozporu se socialistickým ekonomickým systémem, by se měly u nás výrazně uplatnit, i když by samozřejmě nesly s sebou poněkud jiné praktiky sestavování a kontroly plánů a smluv než je u nás běžné. Obě velmi reálně rozpracováváné metody operační analýzy jsou převážně charakteru diskrétního. Obě vycházejí z metod vědeckého programování, zahrnují v sobě z matematického aparátu elementární algebru, počet pravděpodobnosti a teorii grafů, resp. nomogramů.

Metoda CPM poskytuje graficky vyjádřený přehled při plánování na sebe navazujících činností a jevů uvažované akce. Metody se používá při plánování potřebných časů pro realizaci zadání projektu, při nutnosti zkrátit termín realizace projektu, touto metodou lze zjistit, jaké činnosti je nutno urychlit, aby náklady byly minimální atd. Princip metody CPM spočívá ve vyjádření jednotlivých operací v projektu pomocí orientovaných úseček (oblouků). Počátek úsečky odpovídá začátku činnosti a konec úsečky odpovídá ukončení činnosti. Začátek a konec činností vytváří v grafu tzv. uzlové body. Podle složitosti zadání může vytvořený síťový diagram obsahovat řádově až 10^3 uzlových bodů. Z grafů pak lze vyčíst pro každou činnost hodnotu udávající trvání příslušné pro uvažovanou činnost a lze tak zjistit nejdelší cestu. Postup po této nejdelší tzv. kritické cestě znamená cestu, která vede ke zdržení projektu.

Graf umožňuje zřetelně vidět časové posloupnosti jednotlivých činností, jejich technologické závislosti, dává přehled o časových rezervách, ve kterých lze pozměnit časovou návaznost bez ohrožení realizace dalších operací. Ukazuje, které činnosti jsou primární a které sekundární.

Tato metoda byla od roku 1957 aplikována v USA se značným ekonomickým úspěchem. Firma Du Pont používala k této metodě samočinného počítače UNIVAC (fy Remington Rand Corp.). Nyní se metoda velmi rychle rozšiřuje jak v USA tak v Evropě. Společnost Du Pont udává pětinašobné úspory oproti nákladům na výzkum a vývoj metody, které byly získány již během prvního roku použití metody CPM.

Metoda CPM používá běžně jen jedné časové lhůty pro každou činnost a určuje normální dobu trvání realizace projektu. Protože tato metoda nese v sobě možnost jistého subjektivního zkreslení,

nemusí vypočtený termín ukončení úkolu vyhovovat skutečnosti. V tomto případě je nutno přiřadit k určitým vybraným činnostem podél kritické cesty nové termíny kratší nežli normální. Toto zkrácení termínů pak vede ke zvýšení nákladů. Z uvedeného je patrné, že efektivnější může být metoda, která uvažuje ihned možnou časovou disperzi. Taková (stochastická) metoda byla vyvinuta v USA pod vedením W. Fazara z Úřadu válečného námořnictva. Metoda se označuje PERT (Program Evaluation and Review Technique).

Způsoby grafického vyjádření metod CPM a PERT jsou velmi podobné, pracovní postup metod je rozdílný. U metody PERT je nutné, aby řídicí odborník určil autoritativně kromě termínu ukončení celého projektu i termíny nejdůležitějších partikulárních etap (milestones). Metoda pracuje s počtem pravděpodobnosti. Každé dílčí akci, činnosti, jsou přiřazeny tři termíny: pesimistický, nejpravděpodobnější a optimistický. Metoda PERT dosahuje velkého efektu zejména při plánování výzkumu a vývoje.

Ve své počáteční formě byla metoda PERT použita při plánování a koordinaci asi 3000 subdodavatelů při vývoji rakety Polaris. Tato metoda zaručila velmi dobrou návaznost všech dílčích prací a dodávek a určila termíny plnění. Metoda systematicky vedla k okamžitému předvídání možných poruch, určovala, které činnosti jsou hlavní, na které činnosti je nutno soustředit pracovní nápor, aby návaznost dalších činností byla co nejmenší. Metoda vedla k přehodnocení všech parametrů v čas potřeby a konkrétně vývoj rakety Polaris byl zkrácen oproti původním předpokladům o více než dva roky.

V současné době jsou uvedené metody a metody kombinované rozšiřovány i na oblasti projektování, výstavby i na nejrůznější výrobu, pomocí nich se provádí údržba výrobních zařízení atd. (např. výměna potrubí a kolon v chemii). Metoda RAMPS (Resource Allocation and Multiproject Scheduling) uvažuje tři faktory: výrobní náklady, výrobní prostředky, čas. Další metody jsou vyvíjeny a lze počítat s jejich aplikacemi na problémy optimalizace výrobního procesu, plánování vnitrozávodní, logistické plánování, systémové programování apod.

Problematika zmíněných (osvědčených a v zahraničí již běžných) metod je značně obsáhlá a pro správné aplikace bude nutno zainteresovat velký počet dobře vybavených odborníků (nutně v rámci RVHP). Aby nedošlo k jednostrannému využití, bude pochopitelně nezbytné, aby část odborníků se věnovala vývoji dalších pro nás vhodných metod plánování a kontrol plnění plánu.

Nyní k našemu návrhu exaktní kontroly plnění plánů a smluv. Otázka kontroly souvisí s principem vytváření plánů. V mnoha případech plán je natolik nereálný, že projekt se ve skutečnosti, tj. při realizaci odchýlí od plánu. Zkreslení je tím hrubší, čím méně zdůvodněné je zadání termínů, čím je odborník méně informován o parametrech charakterizujících plánovanou akci (můžeme podobně uvažovat i o plnění smluv, vývoji sociologických parametrů atd.).

Uvažujme výrobu¹⁾ jako nepřetržitý spojitý proces, který považujeme za funkci času. Popisující jej spojitá funkce je potud aproximací, že jí konstruujeme z diskrétních údajů. Uvidíme však, že tato neshoda funkce s realitou je zanedbatelná, chceme-li pomocí spojitě funkce zjistit okamžité rychlosti i zrychlení procesů. Nechť se v námi sledovaném časovém úseku realizuje plán. V libovolném okamžiku se vyprodukuje určité množství produkce. Pro informaci o stavu bereme průřez z této výroby vždy jen po určité době – např. za měsíc, den, hodinu. Ideální informací o stavu výroby (i jiné činnosti) bychom získávali obrazně řečeno trvalým

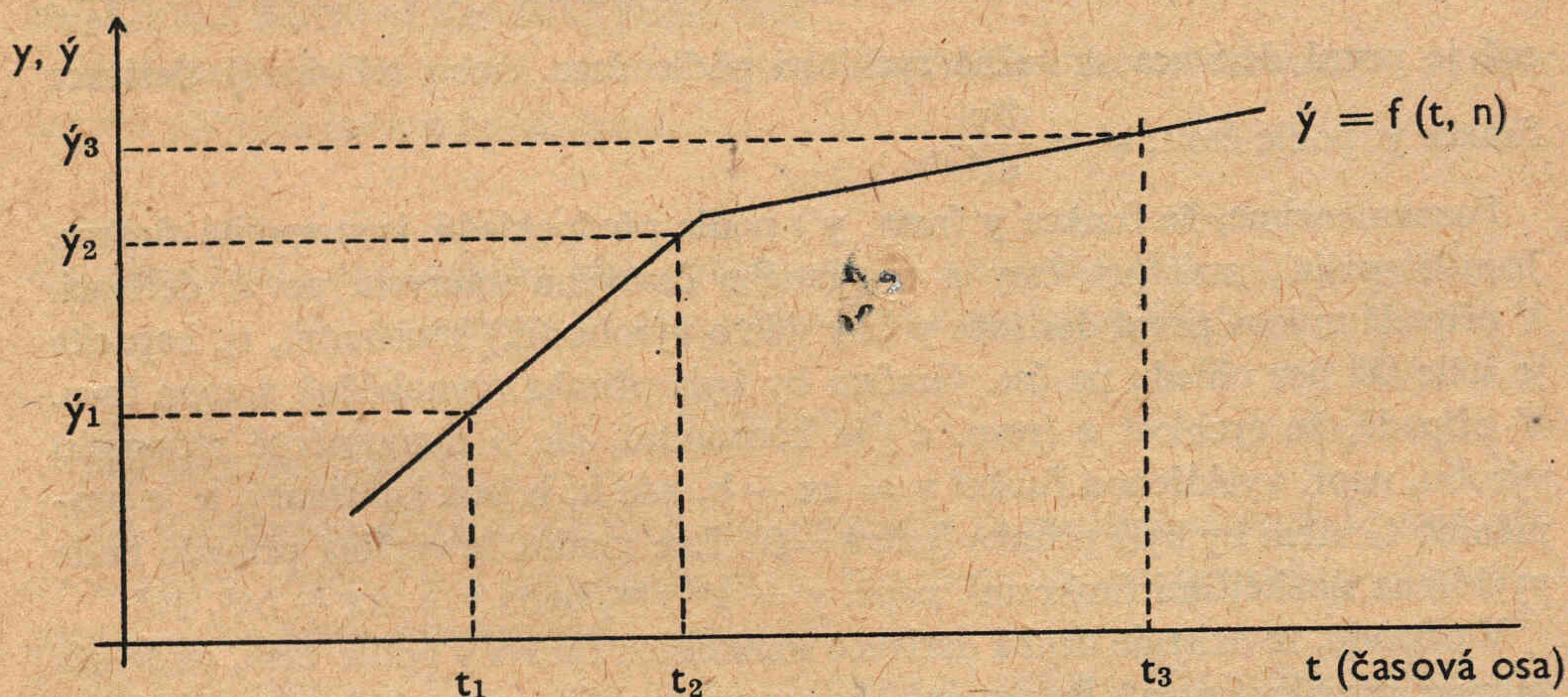
¹⁾ Mluvíme zde i v dalším pro stručnost jen o výrobě, míníme tím však i souvislé činnosti, např. výzkum, plnění smluv i vývoj sociologických faktorů.

pohledem na výrobu, tj. stálým sledováním výroby, Toto lze provést z matematického hlediska v plánu tak, že výrobu, např. v závislosti na čase a v závislosti na n dalších parametrech vyjádříme jako funkci času t a jako funkci n parametrů: $y = f(t, n)$. V řadě odvětví podrobným rozbořem stavů lze najít takovou funkci, která bude spojitou křivkou, nebo složitější plošný či prostorový útvar. Po vytvoření takovéto vhodné spojitě funkce definované v určitém potřebném intervalu lze použitím matematické analýzy a fyzikální analogie určit rychlost plnění výroby podle plánu, zrychlení výroby, resp. zpomalení, čemuž odpovídá první a druhá derivace funkce y podle času.

V případě skutečné produkce probíhá výroba (i jiná činnost) zpravidla ne zcela podle plánu, ale podle nějaké jiné funkce y' , která je více nebo méně podobná funkci y z plánu. Má-li mít plánování a plnění smluv smysl, bude naší snahou, aby funkce skutečné výroby y' byla ve vyšetřovaném časovém intervalu Δt shodná s funkcí modelu y . Předpokladem korigování funkcí y' je právě přesné srovnávání okamžitých rychlostí i zrychlení funkcí y i y' .

Funkci y' budeme pro naše účely považovat rovněž za spojitou.

Funkce y je (pro zjednodušené vysvětlení) nějaká křivka spojitá v intervalu Δt .



Tuto funkci lze nalézt pečlivým rozbořem při plánování. Můžeme ji tedy znát po sestavení plánu (můžeme znát ovšem i její derivace). Budeme-li sledovat v některých význačných časových bodech $t_1, t_2, t_3, \dots, t_k$ plnění plánu, budeme vlastně sledovat v těchto časových bodech skutečnou výrobu (tj. činnost). Předpokládáme, že tato výroba probíhá podle nám zatím neznámé křivky y' . Protože křivku y' neznáme (na rozdíl od $f(y)$), budeme sledovat v časech $t_1, t_2, \dots, t_k$ parametry n . Údaje o parametrech potřebujeme, abychom vypočetli (resp. graficky určili) hodnotu funkce y' pro uvažované časové body. Nechť pro čas t_1 je to hodnota $y'_1 = f(t_1, n)$; pro čas t_2 je $y'_2 = f(t_2, n)$; pro $y'_k = f(t_k, n)$. Hodnoty y_1, y_2, y_n

jdou body množiny resp. intervalu $\langle y \rangle'$, který přísluší zobrazení funkce y' v intervalu Δt . Jestliže volíme časové body $t_1, t_2, \dots, t_k$ dostatečně hustě v intervalu Δt , pak s ohledem na existenci spojitě funkce y' lze proložit body $y'_1, y'_2, \dots, y'_k$ křivku. Tato křivka je aproximací hledané křivky y' . V limitním případě jde přímo o křivku y' . Nalezení této křivky y' z několika bodů není obtížné, uvážíme-li, že fyzikálně podobná je úloha nalézt ze tří bodů trajektorii střely. K vyhodnocování této trajektorie y' lze použít i samočinných počítačů (podobně jako je tomu ve vojenském prostředí). Dále podle plánu víme, že plán vyjádřený funkcí y má mít okamžitou rychlost plnění $c = \frac{dy}{dt}$, průměrnou rychlost plnění v časovém intervalu

$\langle t_1, t_2 \rangle = \bar{c} = \frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1}$. Zrychlení (zvýšení) či zpomalení (snížení) výroby či jiné činnosti v tomto časovém intervalu $\langle t_1, t_2 \rangle$ má být $a = \frac{dc}{dt}$, $t \in \langle t_1, t_2 \rangle$.

Podle skutečnosti vyjádřené nalezenou funkcí y' (event. zachycené v samočinném počítači) vypočteme skutečnou okamžitou rychlost c' pro okamžik t z intervalu $\langle t_1, t_2 \rangle$ jako $c' = \frac{dy'}{dt}$, kde $y'_1 = f(t_1, n)$; $y'_2 = f(t_2, n)$, což jsou hodnoty udávající stav výroby v čase t_1 a t_2 . Skutečné zrychlení výroby je pak $a' = \frac{dc'}{dc}$, což je první derivace skutečné rychlosti podle času, nebo též druhá derivace funkce y' podle času: $a' = \frac{d^2y'}{dt^2}$.

Poznamenejme, že funkce y (resp. y') podle předpokladů jsou spojitě funkce. Jsou-li spojitě, mají pro časy z uzavřeného časového intervalu první derivaci. V případě nulové první derivace y či y' jde o výrobu (ij.) konstantní, tj. kapacita je stále táž bez ohledu na čas. Grafem by byla přímka rovnoběžná s osou času. V případě, že rychlost c (resp. c') je konstantní, jde o rovnoměrně stoupající výrobu, např. vyjádřenou funkcí $y = kx + b$, kde k, b jsou konstanty, x je proměnná. Grafem by byla přímka (pak $a = 0$). Lze soudit, že většina případů bude vyjádřena složitějšími funkcemi, např. $y = e^{bt + kx}$, nebo $y = kx + bx^2$, atd.

V případě, že existuje druhá derivace složitějších funkcí y podle času, bude nás zajímat zrychlení a, a' . Porovnání obou zrychlení (i rychlostí) bude mít hlavní význam při rozhodování, zda je plán plněn správně a zda je tendence plnění plánu stoupající nebo klesající. Toto porovnání bude právě rozhodující vstupní informací pro volbu vhodných opravných instrukcí reálných procesů. Lze si snadno představit počítač, který na základě porovnání c, c' ; a, a' volí některý z modelů řízení uložených v jeho paměti.

Dále lze vypočíst infinitesimálním počtem např. celkovou výrobu či dodávku A v určitém časovém intervalu $\langle t_1, t_2 \rangle$ jako:

$$A = \int_{t_1}^{t_2} y' dt,$$

resp. výrobní kapacitu K , tj. výrobu v jednotce času:

$$K = \frac{A}{t_2 - t_1}.$$

Z uvedeného je patrné, že autoři jen v hlavních rysech zpracovali představu o kontinuitě některých společenských jevů. Byly brány v úvahu jen obecné možnosti. Proto vzhledem k velké různorodosti plánů a smluv bude nutno opatrně a pečlivě vybrat vhodné případy pro navržené pojetí. Je pravděpodobné, že z hlediska spojitosti nelze zpracovat všechny modely. Některé plány patrně nebudou mít své vyjádření vhodnými funkcemi: buď funkce nebude možno pokládat za spojitou a pak bude nutno postupovat tabelárně – přitom tabelovými funkcemi lze jak jsme řekli modelovat patrně všechny procesy kontroly i zhodnocování vývoje ekonomických i sociologických ukazatelů – modely jsou však většinou „neohrabané“ a zejm. kladou neúměrné nároky na kapacitu paměti samočinných číslicových počítačů, nebo funkce popisující model bude příliš složitá.

Bude nutno pro řadu funkcí uvažovat parciální derivace a diferenciální rovnice. Namátkou vybraný důvod pro použití parciálních rovnic je ten, že funkce bude dána jako závislá více proměnných. Pak v případě výpočtů rychlostí a zrychlení bude nutno derivovat parciálně podle času.

Na řadu funkcí lze použít mimo číslicových počítačů s jistými omezeními i analogové počítače (event. kombinaci).

On problems concerning the cybernetical analysis and automation in the processes of direction of the socialist State

Summary

The authors aimed at

1. the elaboration of an as detailed and complete as possible system of tasks of cybernetical analysis and automation in the processes of direction of the departments of the State organization,
2. the elaboration of the project of a mathematical analysis (algorithmization) of a permanent following of the evolution of sociological parameters, economical factors, indexes of the fulfilment of juridical contracts and of an exact comparison of this evolution with the planned parameters of the followed activities.

ad 1. The study relates with the problems of actual cybernetics as they have been formulated in a general and systematic way by A. Ljapunov and S. V. Jablonskij. To the single tasks of the analysis of the processes of direction we shift the corresponding mathematical, logical and methodological apparatus which exists for their solution. In our application we analyse in greater details the possibilities of the mathematical queueing theory, of the theory of stochastic systems and of the mathematical statistics.

ad 2. The exact comparison between the planified and the real evolution of the parameters represents the basis which serves to the exact direction of the processes. We take into account the algorithmization of the mentioned acts of direction with respect to the application of numerical and analog computers for the optimum programming of the directed processes.

For the mathematical analysis of the mentioned acts of direction we utilize the apparatus of mathematical analysis (differential and integral calculus) which leads to programs which relatively do not charge much the memory of the automatic computers (in opposition to the tabular functions which we do not use principally for that reason). It corresponds further to the utilization of the apparatus of mathematical analysis that we construct artificially a continuity in social processes, that means that we consider the evolution of the followed parameters as a continuous function of time. Because what we aim at is to obtain discrete data by these functions, that means principally their derivations, the fact, that the evolution of parameters is, in the majority of cases, not really continuous in the mathematical sense, is negligible.

LITERATURA

1. V. KNAPP: O možnosti použití kybernetických metod v právu, NČSAV, Praha 1963.
2. V. KNAPP: Řízení socialistického státu a teorie informací, Právník 6/63.
3. J. VON NEUMANN, O. MORGENSTERN: Theory of games and economic behavior, Princeton 1947.
4. W. R. ASHBY: Kybernetika, Praha, Orbis 1961.
5. A. LJAPUNOV, S. V. JABLONSKIJ: Teoretické problémy kybernetiky, Sborník Problémy kybernetiky redigovaný A. A. Ljapunovem č. 9, Moskva 1963, GIFHL, str. 5—23
6. R. FISHER, F. YATES: Statistical tables, Edinburgh 1943.
7. Referát předsedy vlády J. Lenárta z konference předsedů CZV KSČ, Rudé právo z 30. 5. 1964.
8. Kybernetiku na službu komunizmu. Sborník statěj pod redakciej akad. A. I. Berga – díl I, Moskva 1961, GEI
9. K. WEBER: Planung mit der Critical Path Method. Industrielle Organisation 32, 1963, str. 1—4.
10. L. B. GLASER: Critical Path planning and scheduling – applied to engineering and construction. Chem. Engineering Progress, 1961, november.